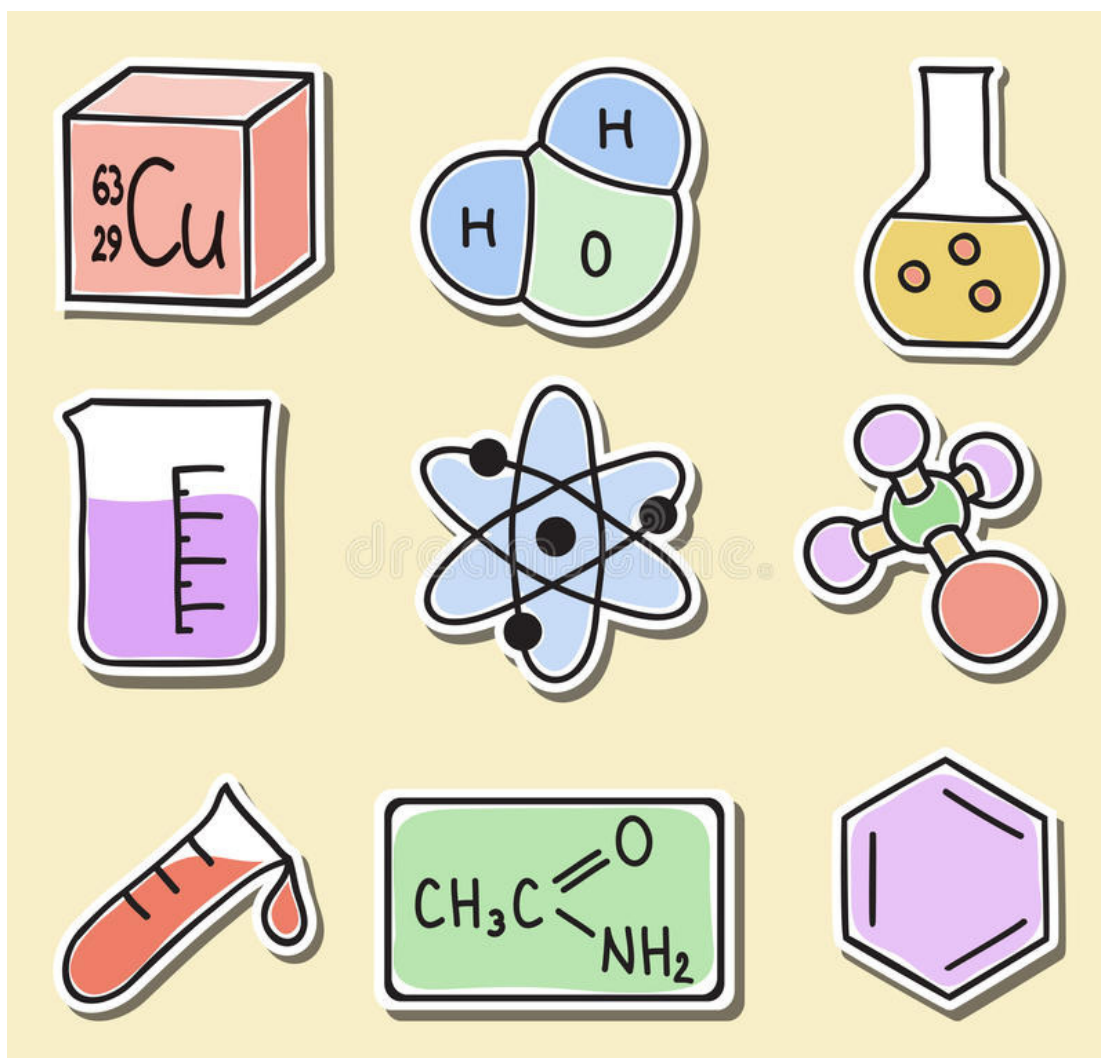


Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка

Курмакова І.М., Самойленко П.В., Бондар О.С., Грузнова С.В.

МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАДАЧ З ХІМІЇ



УДК 378.016:54(075.8)
ББК Г.р30
К93

Укладачі

д.т.н., професор, завідувач кафедри хімії та фармації Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка І.М. Курмакова,
к.п.н., доцент кафедри хімії та фармації Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка П.В. Самойленко,
к.т.н., доцент кафедри хімії та фармації Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка О.С. Бондар,
к.х.н., доцент кафедри хімії та фармації Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка С.В. Грузнова

**Методика розв'язування розрахункових задач з хімії. Навчальний посібник / І.М. Курмакова, П.В. Самойленко, О.С. Бондар, С.В. Грузнова
Чернігів: НУЧК, 2018. – 165 с.**

Затверджено вченою радою Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, протокол № 5 від 26 грудня 2018 р.

Рецензенти:

Шиян Надія Іванівна – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка

Бохан Юлія Володимирівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри природничих наук та методик їхнього навчання Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка

Бутко Анжела Юріївна – вчитель хімії Чернігівської спеціалізованої загальноосвітньої школи №2 I-III ступенів з поглибленим вивченням іноземних мов м. Чернігова, вчитель-методист

Посібник складено для студентів університетів, які навчаються за освітньою програмою Середня освіта (Хімія). Він містить системи розрахункових задач, в якій кожна задача містить певний елемент складності порівняно з попередньою, і дозволяє студентам сформувати компетентність розв'язувати розрахункові задачі, що є однією з важливих складових професійної компетентності вчителя хімії.

© І.М.Курмакова, 2018
© П.В.Самойленко, 2018
© О.С.Бондар, 2018
© С.В.Грузнова, 2018

Зміст

	Стор.
Передмова	4
Розділ 1. Масова частка елемента в сполуці та суміші. Розрахунки за хімічними формулами	5
Розділ 2. Кількість речовини. Розрахунки за хімічними формулами.....	27
Розділ 3. Розчини. Обчислення концентрації розчинів.....	52
Розділ 4. Розрахунки за хімічними рівняннями.....	76
Розділ 5. Задачі з виробничим змістом.....	119
Розділ 6. Розрахунки за термохімічними рівняннями.....	126
Розділ 7. Швидкість хімічних реакцій. Хімічна рівновага.....	142
Список використаних джерел.....	165

Передмова

Вміння розв'язувати розрахункові задачі з хімії є однією з важливих складових професійної компетентності вчителя – інтегрованого професійно особистісного утворення, в якому внутрішні ресурси людини, її особисті якості та здібності розглядаються як джерело і критерії ефективної предметної діяльності в системі освіти.

Метою навчального посібника є оволодіння студентами спеціальності 014 Середня освіта (Хімія) вмінням самостійно розв'язувати розрахункові задачі з хімії різного рівня складності. Успішне завершення цього етапу дозволяє перейти до наступного – методики навчання майбутніх вчителів складанню хімічних задач згідно зі шкільною програмою з хімії для закладів загальної середньої освіти (7 – 11 класи) та підготовки школярів до різних етапів Всеукраїнських учнівських олімпіад та конкурсів.

При створенні посібника авторами визначено основні види розрахункових задач та розглянуто стандартні і нестандартні способи їх розв'язання. Розгляд кожного виду розрахункових задач забезпечується актуалізацією опорних знань та вмінь. В основу методики розв'язання задач певного типу покладено дедуктивний підхід.

Навчання студентів розв'язуванню розрахункових задач, що стисло відображено в навчальному посібнику, передбачає такі етапи:

1. Визначення еталону дій (класифікація систем розрахункових задач, їх аналіз, план розв'язку та оформлення розв'язку задачі з врахуванням методичних вимог).
2. Пробні вправи (напівсамостійна робота з розв'язку задач з запропонованими алгоритмами, вказівками, деякими орієнтовними діями).
3. Самостійна робота навчального характеру (пропонуються задачі, еталони їх розв'язків, якими зможуть скористатися студенти по завершенню самостійного етапу роботи).
4. Тематична контрольна робота (перевіряються вміння розв'язувати складні задачі та рівень оволодіння студентом відповідною компетенцією).

Сучасний студент є суб'єктом навчального процесу з притаманними йому індивідуально-психологічними особливостями. Опановувати методику розв'язування задач він зможе на одному з трьох рівнів. Для кожного рівня вибудована система розрахункових задач, в якій кожна задача містить певний елемент складності порівняно з попередньою. Такі системи задач, зокрема їх послідовність, складені до кожного з типів розрахункових задач згідно з їх класифікацією. Також запропоновано їх наскрізне використання в цілому щодо певного рівня.

Таким чином, в навчальному посібнику провідним є диференційований підхід до навчання студентів методиці розв'язування розрахункових задач з хімії.

Навчальний посібник також буде корисним студентам спеціальності 102 Хімія, школярам 7-11 класів загальноосвітніх шкіл, абітурієнтам.

Розділ 1. Масова частка елемента в сполуці та суміші. Розрахунки за хімічними формулами

Актуалізація опорних знань та умінь

1. Хімічна формула – це умовний запис складу речовини за допомогою символів хімічних елементів та індексів.

2. Індекс – це число атомів даного хімічного елемента у формулах речовин.

Хімічні формули простих речовин молекулярної будови:

H₂ – водень, молекула якого складається з двох атомів *Гідрогену*.

O₂ – кисень, молекула якого складається з двох атомів *Оксигену*.

Хімічні формули простих речовин немoleкулярної будови:

Fe – залізо, яке складається з атомів *Феруму*;

Cu – мідь, яка складається з атомів *Купруму*;

C – графіт, який складається з атомів *Карбону*;

3. Формульна одиниця – те, що записано за допомогою хімічної формули: атом, молекула, сукупність атомів або йонів.

Формульна одиниця – найменший повторюваний фрагмент будови речовини.

NaCl – натрій хлорид, формульна одиниця якого складається з йону Натрію та йону Хлору (Na^+Cl^-);

Al₂(SO₄)₃ – алюміній сульфат формульна одиниця якого, складається з двох йонів Al^{3+} та трьох сульфат-йонів SO_4^{2-}

4. Коефіцієнт – це число, яке записується перед хімічною формулою і позначає кількість атомів, молекул, формульних одиниць даної речовини або окремих йонів, атомів.

- запис **2O** (два –о) означає два окремих атома *Оксигену*;
- запис **2O₂** (два-о-два) означає дві молекули кисню (в цьому разі цифра перед формулою - коефіцієнт);
- запис **4K⁺** (чотири-Калій плюс) означає чотири йони Калію;
- запис **2CuSO₄** - 2 формульні одиниці купрум(II) сульфату

5. Відносна атомна маса речовини (A_r) – це число, яке показує, у скільки разів маса атома елемента більша за 1/12 маси атома Карбону. Маса атома *Карбону* становить $1,99 \cdot 10^{-23}$ г.

$$A_r(E) = \frac{m_a(E)}{\frac{1}{12} m_a(^{12}\text{C})}$$

6. Атомна одиниця маси – 1/12 маси атома Карбону $[\frac{1}{12} \cdot m_a(^{12}\text{C})]$

7. Відносна молекулярна маса речовини – це число, яке показує, у скільки разів маса молекули даної речовини більша за 1/12 маси атома *Карбону*.

Для обчислення відносної молекулярної маси сполуки треба підсумувати відносні атомні маси елементів, які утворюють сполуку з урахуванням кількості атомів. Значення відносних атомних мас знаходимо у періодичній системі хімічних елементів Д.І. Менделєєва.

а) $M_r(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{P}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 3 \cdot 1 + 1 \cdot 31 + 4 \cdot 16 = 98$;

б) $M_r[(\text{Ca}(\text{OH})_2] = A_r(\text{Ca}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) + 2 \cdot A_r(\text{H}) = 40 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 74$;

в) $M_r[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = 2 \cdot A_r(\text{N}) + 8 \cdot A_r(\text{H}) + 1 \cdot A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 14 + 8 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 132$;

г) $M_r(\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6) = 4 \cdot A_r(\text{K}) + A_r(\text{Fe}) + 6 \cdot A_r(\text{C}) + 6 \cdot A_r(\text{N}) = 4 \cdot 39 + 1 \cdot 56 + 6 \cdot 12 + 6 \cdot 14 = 368$;

д) $M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = A_r(\text{Cu}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) + 5 \cdot (2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O})) = 64 + 32 + 4 \cdot 16 + 5 \cdot (2 \cdot 1 + 16) = 160 + 90 = 250$.

Основні поняття, формули та розрахунки

Вміст елемента в сполуці характеризують його **масовою часткою**, яку позначають латинською літерою **w** („дубль-ве”).

Масова частка елемента у сполуці – це відношення маси елемента до відповідної маси сполуки.

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{сполуки})}$$

При розрахунку **w**, маси елемента і сполуки беруть в однакових одиницях вимірювання (наприклад, у грамах).

Масова частка не має розмірності. Її часто виражають у відсотках, тоді формула має такий вигляд:

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{сполуки})} \cdot 100 \%$$

Масову частку елемента у сполуці також обчислюють, використовуючи хімічну формулу сполуки.

$$w(E) = \frac{n \cdot A_r(E)}{M_r}, \text{ де}$$

$A_r(E)$ – відносна атомна маса елемента;

M_r – відносна молекулярна маса речовини;

n – кількість атомів елемента у хімічній формулі сполуки.

Суміш – це декілька індивідуальних речовин, які не здатні до хімічної взаємодії за умов, в яких знаходяться.

Приклади сумішей:

- кухонна сіль (крім прозорих кристаликів натрій хлориду містить камінці сірого кольору – домішки мінералів);
- вода, яка подається у мережу водопостачання (містить невелику кількість солей).
- повітря (складається з кисню та азоту);
- ферохром (сплав, до складу якого входять залізо та хром);
- столовий оцет (рідка суміш, яка складається з води та оцтової кислоти);
- будівельна суміш (містить крейду й річковий пісок).

Масова частка сполуки в суміші – це відношення маси сполуки до відповідної маси суміші.

$$w(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки})}{m(\text{суміші})}$$

$$m(\text{суміші}) = m(\text{сполуки}) + m(\text{домішок}) \quad \text{або}$$

$$m(\text{суміші}) = m(\text{сполуки 1}) + m(\text{сполуки 2})$$

Масова частка елемента в суміші – це відношення маси елемента до відповідної маси суміші.

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{суміші})} \quad w_{\%}(E) = \frac{m(E)}{m(\text{суміші})} \cdot 100 \%$$

Виведення формули для обчислення масової частки елемента в суміші через масову частку сполуки в суміші:

$$w(E \text{ в суміші}) = \frac{m(E \text{ в суміші})}{m(\text{суміші})} \quad (1); \quad w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \quad (2);$$

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{сполуки})} \quad (3); \quad \text{тож} \quad m(E) = w(E) \cdot m(\text{сполуки}) \quad (4);$$

підставимо (2) в (4) та одержимо $m(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \cdot m(\text{сполуки}) \quad (5)$

$$w(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки})}{m(\text{суміші})} \quad (6); \quad \text{тож} \quad m(\text{суміші}) = \frac{m(\text{сполуки})}{w(\text{сполуки})} \quad (7)$$

$$w(E \text{ в суміші}) = \frac{n \cdot A_r \cdot \cancel{m(\text{сполуки})} \cdot w(\text{сполуки в суміші})}{M_r \cdot \cancel{m(\text{сполуки})}}$$

$$w(E \text{ в суміші}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \cdot w(\text{сполуки в суміші})$$

$$w_{\%}(E \text{ в суміші}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \cdot w_{\%}(\text{сполуки в суміші})$$

Загальні формули для розв'язання розрахункових задач

Обчислення маси елемента, якщо відома маса сполуки:

$$m(E) = w(E) \cdot m(\text{сполуки}); \quad w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad m(E) = \frac{n \cdot A_r \cdot m(\text{сполуки})}{M_r}$$

Обчислення маси сполуки, якщо відома маса елемента:

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{сполуки})}; \quad m(\text{сполуки}) = \frac{m(E)}{w(E)}; \quad w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad m(\text{сполуки}) = \frac{m(E) \cdot M_r}{n \cdot A_r}$$

Обчислення маси елемента, якщо відома маса суміші та масова частка сполуки в суміші:

$$w(E \text{ в суміші}) = \frac{m(E \text{ в суміші})}{m(\text{суміші})}; \quad m(E \text{ в суміші}) = w(E \text{ в суміші}) \cdot m(\text{суміші});$$

$$w(E \text{ в суміші}) = w(E) \cdot w(\text{сполуки});$$

$$m(E \text{ в суміші}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \cdot w(\text{сполуки}) \cdot m(\text{суміші})$$

Встановлення хімічних формул сполук (A_xB_y) з відомим якісним складом та масовими частками елементів:

$$w(E) = \frac{n \cdot A_r(E)}{M_r}; \quad M_r = \frac{n \cdot A_r(E)}{w(E)};$$

$$\frac{n(A) \cdot A_r(A)}{w(A)} = \frac{n(B) \cdot A_r(B)}{w(B)}$$

$$\frac{n(A)}{n(B)} = \frac{w(A) \cdot A_r(B)}{A_r(A) \cdot w(B)}; \quad \frac{n(A)}{n(B)} = \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)}$$

$$A_xB_yC_z$$

$$n(A) : n(B) : n(C) = \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)} : \frac{w(C)}{A_r(C)};$$

Приклади розв'язання задач

1.1. Масова частка елемента в сполуці (розрахунок за масою)

Кальцій оксид масою 50 г містить 35,7 г Кальцію. Обчислити масову частку Кальцію в кальцій оксиді.

Дано:

$$m(\text{CaO}) = 50 \text{ г}$$

$$m(\text{Ca}) = 35,7 \text{ г}$$

$$w(\text{Ca}) = ?$$

Розв'язання:

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{сполуки})}; \quad w(\text{Ca}) = \frac{35,7 \text{ г}}{50 \text{ г}} = 0,71$$

$$\text{Відповідь: } w(\text{Ca}) = 0,71$$

1.2. Масова частка елемента у сполуці (розрахунок за хімічною формулою)

Обчислити масові частки елементів Гідрогену, Оксигену та Сульфуру в сульфатній кислоті, формула якої H_2SO_4 .

Дано:



$$w(\text{H}) = ?$$

$$w(\text{S}) = ?$$

$$w(\text{O}) = ?$$

Розв'язання:

$$w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98$$

$$w(\text{H}) = \frac{2 \cdot 1}{98} = 0,02; \quad w(\text{O}) = \frac{4 \cdot 16}{98} = 0,65; \quad w(\text{S}) = \frac{1 \cdot 32}{98} = 0,33$$

$$\text{Відповідь: } w(\text{H}) = 0,02; \quad w(\text{S}) = 0,33; \quad w(\text{O}) = 0,65$$

1.3. Встановлення хімічних формул речовин за масовими частками елементів та відносною молекулярною масою

Масова частка Гідрогену в речовині становить 3,03 %, а Сульфуру – 96,97 %. Встановіть хімічну формулу цієї речовини, якщо її відносна молекулярна маса становить 66.

Дано:

$$w\%(\text{H}) = 3,03 \%$$

$$w\%(\text{S}) = 96,97 \%$$

$$M_r(\text{H}_x\text{S}_y) = 66$$

$$\text{H}_x\text{S}_y = ?$$

Розв'язання:

$$w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad n = \frac{w(E) \cdot M_r}{A_r}$$

$$n(\text{H}) = \frac{0,0303 \cdot 66}{1} = 2; \quad n(\text{S}) = \frac{0,9697 \cdot 66}{32} = 2$$

$$\text{Відповідь: } \text{H}_2\text{S}_2$$

1.4. Встановлення невідомого елемента (елементів) у складі речовини

Оксид невідомого елемента має склад EO_3 . Масова частка Оксигену в цьому оксиді становить 60 %. Встановіть невідомий елемент.

Дано:	Розв'язання	
$w_{\%}(\text{O}) = 60 \%$	I спосіб	II спосіб
$\text{E} - ?$	$w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad M_r = \frac{n \cdot A_r}{w}$ $M_r(\text{EO}_3) = \frac{3 \cdot 16}{0,6} = 80;$ $M_r(\text{EO}_3) = A_r(\text{E}) + 3 \cdot 16;$ $80 = A_r(\text{E}) + 3 \cdot 16;$ $A_r(\text{E}) = 32; \quad \text{E} - \text{S}$	$A_r(\text{E}) - x; \quad w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r};$ Оскільки відома масова частка Оксигену, тоді $0,6 = \frac{3 \cdot 16}{x + 3 \cdot 16}; \quad x = 32$ $A_r(\text{E}) = 32; \quad \text{E} - \text{S}$
		Відповідь: Елемент – Сульфур

1.5. Обчислення маси елемента за відомою масою речовини

Обчислити масу Карбону, що міститься в 4,4 г вуглекислого газу.

Дано:	Розв'язання	
$m(\text{CO}_2) = 4,4 \text{ г}$	I спосіб	II спосіб
$m(\text{C}) - ?$	$1. \quad w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad M_r(\text{CO}_2) = 44$ $w(\text{C}) = \frac{1 \cdot 12}{44} = 0,27$ $2. \quad w(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})}$ $m(\text{E}) = w(\text{E}) \cdot m(\text{сполуки})$ $m(\text{C}) = 0,27 \cdot 4,4 \text{ г} = 1,2 \text{ г}$	$w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad w(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})}$ $\frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})} = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$ $m(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r \cdot m(\text{сполуки})}{M_r}$ $m(\text{C}) = \frac{1 \cdot 12 \cdot 4,4 \text{ г}}{44} = 1,2 \text{ г}$
		Відповідь: $m(\text{C}) = 1,2 \text{ г}$

1.6. Обчислення маси речовини за відомою масою елемента

Яку масу ферум(II, III) оксиду необхідно переробити, щоб одержати 1 т заліза?

Дано:	Розв'язання	
$m(\text{Fe}) = 1 \text{ т}$	I спосіб	
$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) - ?$	$1. \text{ Обчислимо масову частку Fe в ферум(II, III) оксиді } \text{Fe}_3\text{O}_4.$ $w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad M_r(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 3 \cdot 56 + 4 \cdot 16 = 232; \quad w(\text{Fe}) = \frac{3 \cdot 56}{232} = 0,724$ $2. \text{ Знайдемо масу ферум(II, III) оксиду за формулою}$ $w(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})}; \quad m(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{E})}{w(\text{E})}; \quad m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{1 \text{ т}}{0,724} = 1,381 \text{ т}$	
	II спосіб	
	$\frac{n \cdot A_r}{M_r} = \frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})}; \quad m(\text{сполуки}) = \frac{M_r \cdot m(\text{E})}{n \cdot A_r}; \quad m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{232 \cdot 1 \text{ т}}{3 \cdot 56} = 1,381 \text{ т}$	
	Відповідь: 1,381 т Fe_3O_4	

1.7. Визначення масової частки декількох елементів (складових) у сполуці

Визначте масову частку кристалізаційної води в мідному купоросі, хімічна формула якого $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Дано:	Розв'язання
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M_r(\text{H}_2\text{O})}{M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}; \quad n(\text{H}_2\text{O}) = 5; \quad M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18;$
$w(\text{H}_2\text{O}) - ?$	$M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 64 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 + 5(2 \cdot 1 + 16) = 250$ $w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5 \cdot 18}{250} = 0,36$
	Відповідь: $w(\text{H}_2\text{O}) = 0,36$

1.8. Встановлення формули кристалогідратів

Масова частка безводної солі в кристалогідраті $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ становить 50 %. Встановіть хімічну формулу кристалогідрату.

Дано:	Розв'язання
$w\%(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 50 \%$	I спосіб
$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} - ?$	1. $w(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot M_r(\text{Na}_2\text{SO}_3)}{M_r(\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O})};$ 2. $M_r(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 2 \cdot 23 + 1 \cdot 32 + 3 \cdot 16 = 126;$ 3. $M_r(\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot M_r(\text{Na}_2\text{SO}_3)}{w(\text{Na}_2\text{SO}_3)};$ 4. $M_r(\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{1 \cdot 126}{0,5} = 252;$ 5. $126 + 18x = 252;$ $x = \frac{252 - 126}{18} = 7 \quad \text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
	Відповідь: $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
	II спосіб

Оскільки масові частки безводної солі і кристалізаційної води в кристалогідраті однакові, то однакові і їх маси (добутки коефіцієнтів на відносні формульні маси).

$$M_r(\text{Na}_2\text{SO}_3) = x \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}); \quad M_r(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 126; \quad 126 = x \cdot 18; \quad x = 7$$

Відповідь: $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

1.9. Обчислення масової частки елемента в суміші

Визначте масову частку (%) Гідрогену в гашеному вапні, що містить 85 % кальцій гідроксиду (домішки не містять атомів Гідрогену).

Дано:	Розв'язання
$w\%[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 85 \%$	$w\%(\text{Е в суміші}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \quad w\%(\text{сполуки в суміші})$
$w\%(\text{H}) - ?$	$M_r[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 40 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 74$ $w\%(\text{H}) = \frac{2 \cdot 1}{74} \cdot 85 \% = 2,3 \%$
	Відповідь: $w\%(\text{H}) = 2,3 \%$

1.10. Обчислення маси елемента в суміші

Масова частка купрум(І) сульфід у мідній руді становить 6,25 %. Яку масу міді можна добути з 25 т такої руди, якщо її інші компоненти не містять атомів Купруму.

Дано:

$$w(\text{Cu}_2\text{S}) = 6,25 \%$$

$$m(\text{руди}) = 25 \text{ т}$$

$$m(\text{Cu}) = ?$$

Розв'язання:

І спосіб

1.

$$w(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки})}{m(\text{суміші})}; \quad m(\text{сполуки.}) = w(\text{сполуки}) \cdot m(\text{суміші})$$

$$m(\text{Cu}_2\text{S}) = 0,0625 \cdot 25 \text{ т} = 1,563 \text{ т};$$

$$2. w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad M_r(\text{Cu}_2\text{S}) = 2 \cdot 64 + 32 = 160; \quad w(\text{Cu}) = \frac{2 \cdot 64}{160} = 0,8;$$

$$3. w(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})}; \quad m(\text{E}) = w(\text{E}) \cdot m(\text{сполуки});$$

$$m(\text{Cu}) = 0,8 \cdot 1,563 \text{ т} = 1,25 \text{ т}$$

II спосіб

$$w(\text{E в суміші}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{суміші})}$$

$$w(\text{E в суміші}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} w\%(\text{сполуки в суміші})$$

$$\frac{m(\text{E})}{m(\text{суміші})} = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \cdot w(\text{в суміші})$$

$$m(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r \cdot m(\text{суміші}) \cdot w(\text{E в суміші})}{M_r}$$

$$M_r(\text{Cu}_2\text{S}) = 160;$$

$$m(\text{Cu}) = \frac{2 \cdot 64 \cdot 25 \text{ т} \cdot 0,0625}{160} = 1,25 \text{ т}$$

Відповідь: 1,25 т міді

1.11. Встановлення хімічних формул сполук з відомим якісним складом та масовими частками елементів

Встановіть формулу сполуки, яка містить за масою 28 % Феруму, 24 % Сульфуру та Оксиген.

Дано:

$$w\%(\text{Fe}) = 28 \%$$

$$w\%(\text{S}) = 24 \%$$

$$\text{Fe}_x\text{S}_y\text{O}_z = ?$$

Розв'язання:

$$w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad w\%(\text{O}) = 100 \% - 28 \% - 24 \% = 48 \%$$

$$\frac{n(\text{Fe}) \cdot A_r(\text{Fe})}{w(\text{Fe})} = \frac{n(\text{S}) \cdot A_r(\text{S})}{w(\text{S})} = \frac{n(\text{O}) \cdot A_r(\text{O})}{w(\text{O})};$$

$$\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{S})} = \frac{w(\text{Fe}) \cdot A_r(\text{S})}{A_r(\text{Fe}) \cdot w(\text{S})}; \quad \frac{n(\text{Fe})}{n(\text{S})} = \frac{w(\text{Fe})}{A_r(\text{Fe})} \cdot \frac{w(\text{S})}{A_r(\text{S})};$$

$$\frac{n(\text{S})}{n(\text{O})} = \frac{w(\text{S}) \cdot A_r(\text{O})}{A_r(\text{S}) \cdot w(\text{O})}; \quad \frac{n(\text{S})}{n(\text{O})} = \frac{w(\text{S})}{A_r(\text{S})} \cdot \frac{w(\text{O})}{A_r(\text{O})};$$

$$n(\text{Fe}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = \frac{w(\text{Fe})}{A_r(\text{Fe})} : \frac{w(\text{S})}{A_r(\text{S})} : \frac{w(\text{O})}{A_r(\text{O})};$$

$$n(\text{Fe}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = \frac{0,28}{56} : \frac{0,24}{32} : \frac{0,48}{16} = 0,005 : 0,0075 : 0,03 =$$

$$= 5 : 7,5 : 30 = 1 : 1,5 : 6 = 2 : 3 : 12.$$



Відповідь: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

1.12. Встановлення хімічної формули бінарної сполуки з невідомим елементом за масовою часткою одного з елементів

Визначте формулу оксиду невідомого металічного елемента, масова частка якого в ньому становить 52 %.

Дано:

$$w(\text{Me}) = 52 \%$$



Розв'язання:

I спосіб

1. Формула оксиду Me_2O_n ; $w\%(\text{O}) = 100\% - 52\% = 48\%$

$$2. w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r(\text{E})}{M_r}; \quad w(\text{O}) = \frac{n \cdot 16}{M_r(\text{Me}_2\text{O}_n)};$$

$$3. 0,48 = \frac{n \cdot 16}{2 \cdot A_r(\text{Me}) + 16n}; \quad 0,96A_r(\text{Me}) + 7,68n = 16n$$

$$A_r(\text{Me}) = \frac{8,32n}{0,96}; \quad A_r(\text{Me}) = 8,67n$$

$$4. \begin{array}{ll} n=1 & A_r=8,67 \\ n=3 & A_r=26,01 \\ n=5 & A_r=43,35 \\ n=7 & A_r=60,69 \end{array} \quad \begin{array}{ll} n=2 & A_r=17,34 \\ n=4 & A_r=34,68 \\ n=6 & A_r=52,02 \text{ (Me - Cr)} \\ n=8 & A_r=69,36 \end{array}$$

II спосіб

$w\%(\text{O}) = 48\%$; можливі формули оксидів: Me_2O ; MeO ; Me_2O_3 ; MeO_2 ; Me_2O_5 ; MeO_3

$$w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r(\text{E})}{M_r}; \quad M_r = \frac{n \cdot A_r(\text{E})}{w(\text{E})};$$

Кількість атомів Оксигену	1 Me_2O	1 MeO	3 Me_2O_3	2 MeO_2	5 Me_2O_5	3 MeO_3	Формула оксиду
Відносна молекулярна маса оксиду	$16/0,48 = 33,3$		$48/0,48 = 100$	$32/0,48 = 66,6$	$80/0,48 = 166,7$	$48/0,48 = 100$	CrO_3
Відносна атомна маса Me	$\frac{1}{2}(33,3 - 32) = 8,65$ Me не існує	$33,3 - 16 = 17,3$ Me не існує	$\frac{1}{2}(100 - 48) = 26$ Me не існує	$66,6 - 32 = 34,6$ Me не існує	$\frac{1}{2}(166,7 - 80) = 43,3$ Me не існує	$100 - 48 = 52$ Me - Cr	

III спосіб

Виразимо формулу оксиду Me_xO_y

y	1	1	3	2	5	3
x	2	1	2	1	2	1
Відносна молекулярна маса оксиду	33,3	33,3	100	66,6	166,7	100
Відносна атомна маса Me	8,65	17,3	26	34,6	43,3	52
Me	Не існує	не існує	не існує	не існує	не існує	Cr

IV спосіб

$$w_{\%}(\text{Me}) = 52 \% ; w_{\%}(\text{O}) = 48 \%$$

В 100 г оксиду $m(\text{O}) = 48 \text{ г}$; $m(\text{Me}) = 52 \text{ г}$;

За законом еквівалентів:
$$\frac{m(\text{O})}{m(\text{Me})} = \frac{M_{\text{E}}(\text{O})}{M_{\text{E}}(\text{Me})}$$

$M_{\text{E}}(\text{O}) = 8 \text{ г/моль}$; позначимо $M_{\text{E}}(\text{Me})$ за x

$$\frac{48 \text{ г}}{52 \text{ г}} = \frac{8 \text{ г/моль}}{x}; \quad x = 8,67; \quad M_{\text{E}}(\text{Me}) = 8,67 \text{ г/моль}$$

Молярна маса Me (г/моль): $M(\text{Me}) = M_{\text{E}}(\text{Me}) \cdot n$, де n - валентність

1) $M(\text{Me}) = 8,67 \cdot 1 = 8,67$

4) $M(\text{Me}) = 8,67 \cdot 4 = 34,60$

2) $M(\text{Me}) = 8,67 \cdot 2 = 17,34$

5) $M(\text{Me}) = 8,67 \cdot 5 = 43,35$

3) $M(\text{Me}) = 8,67 \cdot 3 = 26,00$

6) $M(\text{Me}) = 8,67 \cdot 6 = 52,02$ – Me - Cr

Формула оксиду CrO_3

Відповідь: CrO_3

13. Встановлення якісного та кількісного складу сполук з трьох (чотирьох) елементів, з яких один елемент невідомий за масовими частками хімічних елементів

Сполука містить чотири елемента, один з яких невідомий. Масові частки елементів у сполуці: 20,88 % Нітрогену, 23,90 % Сульфуру, 47,70 % Оксигену. Встановіть формулу сполуки.

Дано:	Розв'язання
$w(\text{N}) = 0,2088$	$n(\text{N}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) : n(\text{E}) = \frac{0,2088}{14} : \frac{0,2390}{32} : \frac{0,4770}{16} : \frac{0,0752}{A_r(\text{E})} =$ $= 0,0149 : 0,0075 : 0,0298 : \frac{0,0752}{A_r(\text{E})} = 2 : 1 : 4 : \frac{10}{A_r(\text{E})}$
$w(\text{S}) = 0,2390$	
$w(\text{O}) = 0,4770$	
$\text{N}_x\text{S}_y\text{O}_z\text{E}_n - ?$	За умови, що атомний фактор (відношення числа атомів елементів у найпростішій формулі) дорівнює 1 $\frac{n(\text{S})}{n(\text{E})} = \frac{w(\text{S}) \cdot A_r(\text{E})}{A_r(\text{S}) \cdot w(\text{E})}$ $A_r(\text{E}) = \frac{n(\text{S}) \cdot w(\text{E}) \cdot A_r(\text{S})}{n(\text{E}) \cdot w(\text{S})}; A_r(\text{E}) = \frac{1 \cdot 0,0752 \cdot 32}{n(\text{E}) \cdot 0,2390}; A_r(\text{E}) = \frac{10,07}{n(\text{E})}$ $n = 1$ $A_r(\text{E}) = 10,07$ елемента не існує $n = 2$ $A_r(\text{E}) = 5,035$ елемента не існує $n = 3$ $A_r(\text{E}) = 3,36$ елемента не існує $n = 10$ $A_r(\text{E}) = 1,007$; елемент – Гідроген $\text{N}_2\text{SO}_4\text{H}_{10}$ або $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Відповідь: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

1.14. Встановлення хімічної формули сполуки за масовими частками елементів в суміші

Суміш містить кристалогідрат барій хлориду та натрій хлорид. Масова частка Барію у суміші становить 52,7 %, води – 13,8 %. Встановіть формулу кристалогідрату та обчисліть масову частку (%) натрій хлориду в суміші.

Дано:

$$w_{\%}(\text{Ba}) = 52,7 \%$$

$$w_{\%}(\text{H}_2\text{O}) = 13,8 \%$$



Розв'язання

$$w(\text{E в суміші}) = \frac{n \cdot A_r(\text{E})}{M_r} \cdot w(\text{сполуки в суміші});$$

$$w(\text{Ba}) = \frac{n(\text{Ba}) \cdot A_r(\text{Ba}) \cdot w(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}{M_r(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})};$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}) \cdot w(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}{M_r(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})};$$

$$M_r(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{Ba}) \cdot A_r(\text{Ba}) \cdot w(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}{w(\text{Ba})};$$

$$M_r(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}) \cdot w(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}{w(\text{H}_2\text{O})};$$

$$\frac{n(\text{Ba}) \cdot A_r(\text{Ba}) \cdot w(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}{w(\text{Ba})} =$$

$$\frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M_r(\text{H}_2\text{O}) \cdot w(\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})}{w(\text{H}_2\text{O})};$$

$$\frac{n(\text{Ba})}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{w(\text{Ba}) \cdot M_r(\text{H}_2\text{O})}{A_r(\text{Ba}) \cdot w(\text{H}_2\text{O})}; \quad \frac{n(\text{Ba})}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{w(\text{Ba})}{A_r(\text{Ba})} : \frac{w(\text{H}_2\text{O})}{M_r(\text{H}_2\text{O})};$$

$$\frac{n(\text{Ba})}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,527}{137} : \frac{0,138}{18} = 0,00385 : 0,00766 = 1 : 2$$

Формула кристалогідрату $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$w(\text{сполуки у суміші}) = \frac{w(\text{E в суміші}) \cdot M_r}{n \cdot A_r}$$

$$M_r(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 244$$

$$w(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \frac{w(\text{Ba}) \cdot M_r(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{n(\text{Ba}) \cdot A_r(\text{Ba})};$$

$$w(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,527 \cdot 244}{1 \cdot 137} = 0,9385;$$

$$w(\text{NaCl}) = 1 - 0,9385 = 0,0615 \quad w_{\%}(\text{NaCl}) = 6,15 \%$$

Відповідь: формула кристалогідрату – $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
 $w(\text{NaCl}) = 6,15 \%$

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. Ферум(III) оксид (Fe_2O_3) містить 224 г Феруму і 96 г Оксигену. Обчислити масову частку Феруму (%) в ферум(III) оксиді.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Обчислити масу сполуки, як масу окремих елементів.
 $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m(\text{Fe}) + m(\text{O});$
 $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 224 \text{ г} + 96 \text{ г} = 320 \text{ г}$
3. Записати формулу для обчислення масової частки елемента в сполуці
$$w(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})}$$
4. Обчислити масову частку елемента в сполуці.
$$w(\text{Fe}) = \frac{224 \text{ г}}{320 \text{ г}} = 0,7 \text{ або } 70 \%$$
5. Записати відповідь.

Відповідь: $w_0(\text{Fe}) = 70 \%$

2. Обчислити масові частки Натрію, Карбону та Оксигену в натрій карбонаті, хімічна формула якого Na_2CO_3 .

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Записати формулу для обчислення масової частки елемента в сполуці
$$w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \quad (1)$$
3. Визначити число атомів кожного елемента у формульній одиниці.
Для Na_2CO_3 $n(\text{Na}) = 2$, $n(\text{C}) = 1$, $n(\text{O}) = 3$.
4. Обчислити відносну молекулярну масу сполуки.
 $M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$.
5. Обчислити масові частки елементів в сполуці, підставивши відповідні значення у формулу (1).
$$w(\text{Na}) = \frac{2 \cdot 23}{106} = 0,434; \quad w(\text{C}) = \frac{1 \cdot 12}{106} = 0,113; \quad w(\text{O}) = \frac{3 \cdot 16}{106} = 0,453;$$
6. Записати відповідь.

Відповідь: $w(\text{Na}) = 0,434$; $w(\text{C}) = 0,113$; $w(\text{O}) = 0,453$

3. Обчислити масові частки Алюмінію, Сульфору та Оксигену в алюміній сульфаті, хімічна формула якого $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Орієнтовні дії

При розв'язуванні задачі необхідно врахувати, що $n(\text{Al}) = 2$, $n(\text{S}) = 3$,
 $n(\text{O}) = 4 \cdot 3 = 12$; $M_r[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 2 \cdot 27 + 3 \cdot 32 + 12 \cdot 16 = 342$

Відповідь: $w(\text{Al}) = 0,1579$; $w(\text{S}) = 0,2807$; $w(\text{O}) = 0,5614$

4. До складу силікатного клею входить речовина, яка містить атоми Натрію, Силіцію та Оксигену. Масова частка Натрію в ній становить 37,7 %, масова частка Силіцію – 22,95 %, а масова частка Оксигену – 39,35 %. Встановіть хімічну формулу речовини, якщо її відносна молекулярна маса становить 122.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Записати формулу для визначення масової частки елемента в речовині

$$w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r};$$

3. Вивести з цієї формули число атомів (n).

$$n = \frac{w(E) \cdot M_r}{A_r};$$

4. Здійснити обчислення $n(\text{Na})$, $n(\text{Si})$ та $n(\text{O})$.

$$n(\text{Na}) = \frac{0,377 \cdot 122}{23} = 2; \quad n(\text{Si}) = \frac{0,2295 \cdot 122}{28} = 1; \quad n(\text{O}) = \frac{0,3935 \cdot 122}{16} = 3$$

5. Записати відповідь.

Відповідь: Na_2SiO_3 .

5. До складу сполуки входять елементи Гідроген, Бром і Оксиген. Масова частка Брому в ній становить 62 %, а Гідрогену 0,8 %. Вивести формулу сполуки, якщо вона містить один атом Брому.

Орієнтовні дії

Необхідно обчислити $w_0(\text{O})$ в сполуці: $w_0(\text{O}) = 100 \% - w_0(\text{H}) - w_0(\text{Br})$. Оскільки відомо, що $n(\text{Br}) = 1$, можна обчислити M_r . Знаючи M_r , можна визначити $n(\text{H})$ та $n(\text{O})$ за їхніми $w_0(E)$.

Відповідь: HBO_3

6. Масова частка Сульфуру у сульфіді складу E_2S_3 становить 60,76 %. Встановити невідомий елемент.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Записати формулу для обчислення масової частки елемента в сполуці.

$$w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r};$$

3. Вивести з цієї формули M_r .

$$M_r = \frac{n \cdot A_r}{w(E)}$$

4. Підставити відповідні значення у цю формулу. $M_r(\text{E}_2\text{S}_3) = \frac{3 \cdot 32}{0,6076} = 158$

5. Визначити $A_r(E)$.

$$158 = 2 \cdot A_r(E) + 3 \cdot 32; \quad 2A_r(E) = 158 - 96; \quad A_r(E) = 31;$$

Відповідь: Фосфор

7. Оксид невідомого елемента має склад EO_2 . Масова частка елемента в цьому оксиді становить 27,27 %. Встановити невідомий елемент.

Орієнтовні дії

Визначити масову частку Оксигену в сполуці ($w(\text{O}) = 100 \% - 27,27 \% = 72,73 \%$). Використати формулу для визначення масової частки елемента та вивести з цієї формули M_r . Позначити $A_r(\text{E})$ за x , скласти рівняння з одним невідомим. Здійснити розрахунки та записати відповідь.

Відповідь: Карбон

8. Яка маса Фосфору міститься в 1 т кальцій дигідрофосфаті $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$?

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.

2. Обчислити масову частку елемента в сполуці за формулою $w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$

$$M_r[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] = 40 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 31 + 8 \cdot 16 = 232; \quad w(\text{P}) = \frac{2 \cdot 31}{232} = 0,27$$

3. З формули $w(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})}$ вивести $m(\text{E})$. $m(\text{E}) = w(\text{E}) \cdot m(\text{сполуки})$;

4. Підставити значення у виведену формулу і здійснити обчислення $m(\text{E})$.
 $m(\text{P}) = 0,27 \cdot 1 \text{ т} = 0,27 \text{ т}$

6. Записати відповідь.

Відповідь: 0,27 т Фосфору

9. Яку масу алюміній оксиду необхідно переробити, щоб одержати 16,2 т алюмінію?

Орієнтовні дії

Обчислити масову частку Алюмінію в алюміній оксиді за формулою $w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$. Вивести із формули $w(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{сполуки})}$ масу сполуки, підставити відповідні значення у формулу та здійснити обчислення.

Відповідь: 30,6 т Al_2O_3

10. Обчислити масову частку безводної солі (MgSO_4) в магній сульфаті гептагідраті, хімічна формула якого $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Алгоритм розв'язання

1. Записати формулу для обчислення масової частки безводної солі в кристалогідраті.

$$w(\text{MgSO}_4) = \frac{n(\text{MgSO}_4) \cdot M_r(\text{MgSO}_4)}{M_r(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})};$$

2. Визначити число формульних одиниць безводної солі в 1 формульній одиниці кристалогідрату.

$$n(\text{MgSO}_4) = 1$$

3. Обчислити відносні формульні маси безводної солі та кристалогідрату.

$$M_r(\text{MgSO}_4) = 1 \cdot 24 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 120;$$

$$M_r(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 120 + 7(2 \cdot 1 + 16) = 246$$

4. Обчислити масову частку безводної солі в кристалогідраті.

$$w(\text{MgSO}_4) = \frac{1 \cdot 120}{246} = 0,49$$

5. Записати відповідь.

Відповідь: $w(\text{MgSO}_4) = 0,49$

11. Хімічна формула залізного купоросу $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Обчислити масову частку кристалізаційної води в залізному купоросі.

Орієнтовні дії

При розв'язанні задачі необхідно врахувати, що $n(\text{H}_2\text{O}) = 7$.

$M_r(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 56 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 + 7(2 \cdot 1 + 16) = 278$. Здійснити розрахунки та записати відповідь.

Відповідь: 0,4532 або 45,32 %

12. Масова частка води в кристалогідраті $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ становить 62,94 %. Визначте число молекул води (x), що міститься в одній формульній одиниці кристалогідрату та записати хімічну формулу кристалогідрату.

Алгоритм розв'язування

1. Обчислити масову частку безводної солі в кристалогідраті.

$$w\%(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 100\% - 62,94\% = 37,06\%$$

2. Вивести формулу для обчислення відносної формульної маси кристалогідрату.

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O})},$$

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{w(\text{Na}_2\text{CO}_3)}$$

3. Обчислити відносну формульну масу безводної солі.

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 46 + 12 + 3 \cdot 16 = 106$$

4. Обчислити відносну формульну масу кристалогідрату.

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = \frac{1 \cdot 106}{0,3706} = 286$$

5. Обчислити значення x.

$$286 = 106 + x \cdot 18; \quad x = 10;$$

6. Записати формулу кристалогідрату. $n(\text{H}_2\text{O}) = 10$; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

7. Записати відповідь.

Відповідь: $n(\text{H}_2\text{O}) = 10$; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

13. Масова частка Хлору у сполуці $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ становить 29,1 %. Виведіть формулу сполуки.

Орієнтовні дії

Приймемо, що $n(\text{H}_2\text{O}) = x$. Обчислимо $M_r(\text{BaCl}_2)$. Виразимо відносну формульну масу кристалогідрата. У формулу $w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$ підставляємо відповідні значення. Визначаємо x. Записуємо відповідь.

Відповідь: $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

14. Кісткове борошно містить кальцій ортофосфат $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$, масова частка якого становить 88 % (домішки не містять атомів Фосфору). Обчислити масову частку Фосфору в кістковому борошні.

Алгоритм розв'язання

1. Записати формулу для обчислення масової частки елемента в суміші.

$$w\%(E_{\text{в сум.}}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} w\%(\text{сполуки в суміші})$$

2. Обчислити відносну формульну масу сполуки – основного компонента суміші.

$$M_r[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = 310$$

3. Обчислити масову частку елемента в суміші.

$$w\%(P) = \frac{2 \cdot 31}{310} \cdot 88\% = 20\%$$

4. Записати відповідь.

Відповідь: $w\%(P) = 20\%$

15. Зразок кухонної солі містить 60 % Хлору. Обчислити масову частку домішок у солі.

Орієнтовні дії

Записати формулу для визначення масової частки елемента в суміші; з цієї формули вивести $w\%(\text{сполуки в суміші})$.

$$w\%(\text{сполуки в сум.}) = w\%(\text{NaCl в сум.});$$

$$w\%(\text{домішок}) = 100\% - w\%(\text{NaCl в сум.})$$

16. Масова частка купрум(І) оксиду (Cu_2O) в мінералі становить 3 %. Всі інші компоненти мінералу не містять атомів Купруму. Яку масу міді (в кг) можна добути з 10 т такого мінералу?

Алгоритм розв'язання

1. Визначити масу сполуки – основного компонента суміші.

$$m(\text{сполуки}) = w(\text{сполуки}) \cdot m(\text{суміші})$$

$$m(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,03 \cdot 10 \text{ т} = 0,3 \text{ т}$$

2. Обчислити масову частку елемента в сполуці.

$$w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad M_r(\text{Cu}_2\text{O}) = 2 \cdot 64 + 16 = 144; \quad w(\text{Cu}) = \frac{2 \cdot 64}{144} = 0,89;$$

3. Обчислити масу елемента в сполуці (суміші).

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{сполуки})}; \quad m(E) = w(E) \cdot m(\text{сполуки});$$

$$m(\text{Cu}) = 0,89 \cdot 0,3 \text{ т} = 0,267 \text{ т} = 267 \text{ кг}$$

Відповідь: 267 кг міді

17. Із гірської породи масою 50 г, що містить мінерал аргентит (Ag_2S), одержали 5,4 г срібла. Обчисліть масову частку аргентум сульфїду в гірській породі. Врахуйте, що інші компоненти гірської породи не містять атомів Аргентуму.

Орієнтовні дії

I спосіб

Визначити $w(\text{Ag})$ в Ag_2S . Обчислити $m(\text{Ag}_2\text{S})$, в якій $m(\text{Ag}) = 5,4$ г, за формулою $m(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{E})}{w(\text{E})}$. Обчислити масову частку Ag_2S в гірській породі

(суміші) за формулою $w(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки})}{m(\text{суміші})}$. Записати відповідь.

Відповідь: 0,124 або 12,4 %

II спосіб

З формули $m(\text{E в суміші}) = w(\text{E}) \cdot w(\text{сполуки}) \cdot m(\text{суміші})$ вивести $w(\text{сполуки})$. Здійснити обчислення.

Відповідь: 0,124 або 12,4 %

18. В оксиді невідомого елемента масова частка елемента становить 69,57 %. Визначте невідомий елемент. Чи може бути відповідь однозначною?

Орієнтовні дії

Складіть загальну формулу оксиду невідомого елемента: E_2O_n .

Використовуючи формулу масової частки елемента в сполуці $w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$,

запишіть формулу для визначення масової частки Оксигену. Позначте відносну атомну масу елемента за x . Обчисліть можливі відносні атомні маси елемента в залежності від n . Встановіть елементи. Запишіть відповідь.

Відповідь: $x = 18,3n$; $n = 3$, $x = 55$, Манган, Mn_2O_3

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1 рівень (тренувальні завдання)

1. Обчислити масову частку Нітрогену в амоній нітриті, хімічна формула якого NH_4NO_2 . (Відповідь: 0,4375)
2. Деяка неорганічна речовина містить атоми Калію (масова частка 39 %), Гідрогену (масова частка 1 %), Карбону (масова частка 12 %) та Оксигену. Відносна формульна маса цієї речовини така сама, як і у кальцій карбонату – основному компоненті крейди. Встановити молекулярну формулу неорганічної речовини. (Відповідь: KHCO_3)
3. Атоми елемента проявляють в оксиді валентність IV. Масова частка елемента в оксиді становить 63,22 %. Визначити невідомий елемент, записати формулу оксиду. (Відповідь: Манган, MnO_2)
4. Яку масу міді можна теоретично добути з мідного купоросу ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) масою 35 г? Врахуйте, що мідний купорос не містить домішок. (Відповідь: 8,96 г)
5. На ділянку поля необхідно внести 14 кг Нітрогену. Яку масу амоній нітрату (NH_4NO_3) потрібно для цього використати? (Відповідь: 40 кг)

6. Масова частка Нітрогену в кристалогідраті кальцій нітрату $[Ca(NO_3)_2 \cdot xH_2O]$ становить 11,86 %. Встановити хімічну формулу кристалогідрату. (Відповідь: $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$)
7. Масова частка Оксигену в кристалогідраті манган(II) сульфату ($MnSO_4 \cdot xH_2O$) становить 63,54 %. Встановити хімічну формулу кристалогідрату. (Відповідь: $MnSO_4 \cdot 7H_2O$)
8. Масова частка Феруму в Fe_2O_3 становить 70 %, а в Fe_3O_4 - 72,4 %. В якій масі Fe_2O_3 буде стільки ж Феруму, скільки його міститься в 100 кг Fe_3O_4 . (Відповідь: 103,4 кг)
9. Сполука містить металічний елемент, Фосфор та Оксиген. Масові частки металічного елемента та Фосфору у сполуці становлять 42,07 % та 18,90 % відповідно. До складу сполуки входить один атом фосфору. Виведіть формулу сполуки. (Відповідь: Na_3PO_4)
10. Дуже рідкісний мінерал юріїт є силікатом і має емпіричну формулу $NaXSi_2O_6$. Визначте елемент X, запишіть раціональну формулу цього мінералу через формули відповідних: а) оксидів та б) силікатів, якщо масова частка в ньому силіцію дорівнює 24,67 %. (Відповідь: а) $Na_2O \cdot Cr_2O_3 \cdot 4SiO_2$; б) $Na_2SiO_3 \cdot Cr_2(SiO_3)_3$)
11. Яка маса ферум(II) сульфату міститься в 9,45 г залізного купоросу? Врахуйте, що до складу однієї формульної одиниці кристалогідрату входить сім молекул води. (Відповідь: 5,17 г)
12. Які маси Натрію та Хлору містяться у 200 кг кухонної солі, яка містить домішки магній хлориду ($MgCl_2$), масова частка яких становить 2 %? (Відповідь: 77,06 кг Натрію; 121,96 кг Хлору)

2 рівень (завдання для самоконтролю)

1. Обчислити масову частку Гідрогену в діамоній гідрогенфосфаті, хімічна формула якого $(NH_4)_2HPO_4$.
2. До складу двохосновної органічної кислоти входить 40,68 % Карбону, 5,08 % Гідрогену та 54,24 % Оксигену. Виведіть формулу сполуки.
3. В якій масі Fe_2O_3 буде стільки ж Феруму, скільки його міститься в 100 кг Fe_3O_4 .
4. Основним мінералом всіх глин є каолін який має емпіричну формулу $Al_2Si_2X_4O_9$. Визначте елемент X, запишіть раціональну формулу цього мінералу через формули відповідних оксидів, якщо масова частка в ньому Силіцію 21,7 %.
5. Масові частки металічного елемента і Бору в сполуці, що містить ще й Оксиген, становлять відповідно 31,75 % і 17,46 %. До складу формули сполуки входять 2 атоми Бору. Виведіть формулу сполуки.

- Мінерал доломіт можна виразити формулою XUC_2O_6 . Масова частка Оксигену в ньому становить 52,2 %. Визначте елементи X та Y.
- Натрій утворює з елементами A і B сполуки NaAB_2 і $\text{Na}_2\text{A}_4\text{B}_7$. Масова частка Натрію в сполуці NaAB_2 становить 0,348, а в сполуці $\text{Na}_2\text{A}_4\text{B}_7$ – 0,228. Визначити, які елементи входять до складу сполук.
- Визначити формулу речовини, що складається з Оксигену, Нітрогену, Фосфору і Гідрогену, якщо відомо, що вона містить 48,5 % Оксигену. Також відомо, що кількість атомів Нітрогену у два рази більша за кількість атомів Фосфору, а кількість атомів Гідрогену у 2,25 рази більша за кількість атомів Оксигену. Відносна молекулярна маса речовини менше 200.
- Суміш складається з калій карбонату та натрій хлориду. Масова частка натрій хлориду в суміші становить 5 %. Обчислити масову частку Калію в суміші.
- До складу мінерального добрива амофосу входять $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ і $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Масова частка Нітрогену в амофосі становить 12 %. Визначити масові частки солей в добриві.
- В хромовій руді Хром перебуває у вигляді ферум(II) хроміту $[\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2]$. Хромово руда масою 50 г містить 8 г Феруму. Визначити масову частку Хрому в цій руді.
- Цинкову пластинку частково окиснили. Масова частка Оксигену в ній становить 0,5 %. Визначити масову частку (%) металічного цинку в цьому зразку.

3 рівень

(завдання різних етапів Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії)

- Суміш складається з натрій карбонату та калій фосфату. Масова частка Калію в суміші становить 0,37. Обчисли масову частку Натрію в суміші.
- Подвійна сіль, що має у своєму складі лише однозарядні катіони, є чотириводним гідрогенфосфатом, містить 6,22 % Гідрогену та 61,24 % Оксигену за масою. Визначте формулу солі.
- Масова частка Флуору в флуориді одного металу у 1,596 разів більша за масову частку Флуору в флуориді іншого металу. Відомо, що відносні атомні маси металів відносяться як 2:1. Визначте металічні елементи.
- Елемент утворює сполуку з формулою E_xO_y . Масова частка елемента в ній становить 43,7 %. Визначте формулу сполуки.
- Елемент утворює з Сульфуром сполуку. Масова частка елемента в ній становить 63,6 %. Встановіть формулу сполуки.
- Масові частки елементів Нітрогену та Оксигену в солі, що складається з трьох хімічних елементів дорівнюють відповідно 35 % та 60 %. Встановіть формулу солі, якщо при її розкладі не залишається твердого залишку.

7. Зразок кристалогідрату купрум(II) сульфату, забруднений калій сульфатом, містить 25,1 % Купруму і 35,3 % води. Встановить формулу кристалогідрату. Обчисліть вміст домішок калій сульфату в зразку кристалогідрату.

Приклади розв'язування ускладнених задач

8. Кислота має загальну формулу $A_xM_2D_7$. Масова частка елемента М в ній становить 34,83 %, а елемента D – 62,92 %. Визначте формулу кислоти.

Дано:	Розв'язання
$w\%(M) = 34,83 \%$ $w\%(D) = 62,92 \%$	1. $w\%(A) = 100 \% - 34,83 \% - 62,92 \% = 2,25 \%$
Формула кислоти – ?	2. Елемент А є Гідроґеном, а елемент D – Оксигеном
	3. $w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$ $M_r = \frac{n \cdot A_r}{w(E)}$ $M_r(A_xM_2D_7) = \frac{7 \cdot 16}{0,6292} = 178$
	4. $n = \frac{M_r \cdot w(E)}{A_r}$ $n(H) = \frac{178 \cdot 0,0225}{1} = 4$ $n(H) = x$; $x = 4$
	5. $A_r = \frac{M_r \cdot w(E)}{n}$ $A_r(M) = \frac{178 \cdot 0,3483}{2} = 31$
	6. Формула кислоти $H_4P_2O_7$
	Відповідь: $H_4P_2O_7$

9. Сполука з загальною формулою $A_2B_xO_8$ є сіллю. Масова частка елемента А в ній становить 28,9 %, а елемента В – 23,7 %. Визначте формулу сполуки, якщо елементи В та Оксиген належать до однієї підгрупи.

Дано:	Розв'язання
$w\%(A) = 28,9 \%$ $w\%(B) = 23,7 \%$	1. $w\%(O) = 100 \% - 28,9 \% - 23,7 \% = 47,4 \%$
Формула сполуки – ?	2. $w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$; $M_r = \frac{n \cdot A_r}{w(E)}$ $M_r(A_2B_xO_8) = \frac{8 \cdot 16}{0,474} = 270$
	3. $A_r = \frac{M_r \cdot w(E)}{n}$; $A_r(A) = \frac{270 \cdot 0,289}{2} = 39$; Елемент А - Калій;
	4. $A_r(B) = \frac{270 \cdot 0,237}{x}$; $A_r(B) = \frac{64}{x}$;
	$x = 1$ $A_r(B) = 64$ – такого елемента у VI групі немає;
	$x = 2$ $A_r(B) = 32$ – елемент Сульфур.
	Формула сполуки $K_2S_2O_8$. Відповідь: $K_2S_2O_8$

10. Сполука з загальною формулою $A_xB_yO_7$ є сіллю. Масова частка Оксигену в ній становить 55,45 %, а масові частки елементів В та А відрізняються на 1 %. Визначте формулу сполуки, якщо кількість атомів В у два рази більша за кількість атомів А.

<i>Дано:</i> $w\%(O) = 55,45 \%$ $\Delta w\% = 1 \%$ $n(B) = 2 n(A)$	<i>Розв'язання</i> 1. $w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$; $M_r = \frac{n \cdot A_r}{w(E)}$ $M_r(A_xB_yO_7) = \frac{7 \cdot 16}{0,5545} = 202$ 2. $w\%(A) + w\%(B) = 44,55 \%$ 3. Нехай $w\%(B) = x$; $w\%(A) = x + 1$ $2x + 1 = 44,55$ $x = 21,77$; $w\%(B) = 21,77 \%$; $w\%(A) = 22,77 \%$ 4. $A_r = \frac{M_r \cdot w(E)}{n}$; $n(A) = x$ $A_r(A) = \frac{46}{x}$ $A_r(A) = \frac{202 \cdot 0,2277}{x} = \frac{46}{x}$; $x = 1$; $A_r(A) = 46$ – елемент не існує $x = 2$; $A_r(A) = 23$; А – Натрій 5. $y = 2x$; $y = 4$; $n(B) = 4$ $A_r(B) = \frac{202 \cdot 0,2177}{x} = 11$; В – Бор 6. Формула сполуки $Na_2B_4O_7$
Формула сполуки –?	Відповідь: $Na_2B_4O_7$

11. В якому масовому співвідношенні необхідно змішати кристалогідрати $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ та $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, щоб масові частки Купруму та Магнію були однакові?

<i>Дано:</i> $w(Cu) = w(Mg)$	<i>Розв'язання</i> 1. $M_r(MgSO_4 \cdot 7H_2O) = 246$; $M_r(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 250$; 2. $w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$; $w(Mg) = \frac{1 \cdot 24}{246} = 0,097$ 3. Нехай $m(MgSO_4 \cdot 7H_2O) = x$; $m(Mg) = 0,097x$ 4. $w(Cu) = \frac{1 \cdot 64}{250} = 0,256$ 5. $m(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = y$; $m(Cu) = 0,256y$ 6. $m(Cu) = m(Mg)$, оскільки $w(Cu) = w(Mg)$ 7. $0,256y = 0,097x$ $\frac{x}{y} = \frac{0,256}{0,097}$; $\frac{x}{y} = \frac{1}{2,64}$
$m(MgSO_4 \cdot 7H_2O) :$ $m(CuSO_4 \cdot 5H_2O) - ?$	Відповідь: $m(MgSO_4 \cdot 7H_2O) : m(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 1 : 2,64$

Приклад позааудиторної контрольної роботи для перевірки знань з теми

Інструкція для виконання позааудиторної контрольної роботи

Після самостійного виконання переважної більшості запропонованих вище задач з теми необхідно виконати контрольну роботу № 1 (КР-1). Вона включає 6 завдань, розрахованих на 3 години. Бажано з завданнями КР-1 ознайомитися безпосередньо при її написанні, що дає можливість перевірити свої знання та вміння в умовах близьких до проведення екзамену чи заліку. Під час контрольної роботи користуватися засобами, що містять підказки неможна. Ви успішно справитесь з контрольними завданнями, якщо систематично, наполегливо працювали. Контрольну роботу необхідно виконати в окремому зошиті і здати вчасно викладачу для перевірки.

Контрольна робота № 1 (КР-1)

Варіант I

1. Розрахуйте кількість атомів Оксигену в молекулі SO_x , якщо масова частка цього елемента становить 0,6.
2. Обчисліть кількість атомів Оксигену в молекулі V_2O_x , якщо масова частка Оксигену у зразку речовини, що містить 10 % домішок за масою, становить 39,6 %.
3. Масова частка Карбону в білках становить у середньому 52 %, а Гідрогену – 7 %. Атомів якого елемента в білках більше? Відповідь дайте на підставі розрахунків.
4. На металургійний комбінат надійшло 290 т магнітного залізняку Fe_3O_4 , масова частка домішок у якому становить 20 %. Яку масу заліза можна добути з цієї руди? Вважати, що виробничих втрат немає.
5. Сполука Фосфору з Цинком є отрутою для дрібних гризунів. Масова частка Фосфору в ній становить 24,1 %. Виведіть формулу сполуки.
6. До складу сполуки входять елементи Гідроген, Бром і Оксиген. Масова частка Брому в ній становить 62 %. Виведіть формулу сполуки, якщо вона містить один атом Брому.

Варіант II

1. Розрахуйте відносну формульну масу сполуки KClO_y , якщо масова частка Оксигену в ній становить 39,18 %. Визначте кількість атомів Оксигену у формулі сполуки.
2. Масова частка Арсену у технічному зразку, який містить 96% Na_3AsS_y , становить 0,3. Визначте кількість атомів Сульфуру в формулі сполуки.

3. Яку масу мідної руди, масова частка в якій купрум(I) сульфїду Cu_2S становить 2,5 %, треба переробити, щоб добути 100 т міді ?
4. В якій масі сполуки CaHPO_4 міститься стільки Фосфору, скільки вноситься цього елемента у ґрунт разом із 400 кг мінеральних добрив, що містять 77,5 % сполуки $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ за масою?
5. Сполука металічного елемента X забарвлює полум'я в карміново-червоний колір і має такі масові частки елементів: X – 0,29, O – 0,67, H – 0,04. Знайдіть формулу сполуки.
6. Масова частка Оксигену в сполуці $\text{K}_x\text{E}_y\text{O}_4$ становить 36,78 %, а співвідношення мас Калію і елемента E становить 1 : 0,41. Виведіть формулу сполуки.

Варіант III

1. Після втрати кристалогідратом $\text{MnCl}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ 7 % маси в результаті нагрівання масова частка Хлору в речовині склала 38,6 %. Розрахуйте кількість молекул води у формулі кристалогідрату.
2. Йод є необхідним мікроелементом в раціоні сільськогосподарських тварин. Його додають з йодованою кухонною сіллю. В одній тоні такої солі міститься 9,8 г калій йодату KIO_3 . Яку масу йодованої солі треба додавати щодня до раціону молочної корови, щоб забезпечити надходження до її організму 0,4 мг Йоду?
3. Визначте невідомий елемент, якщо в його гідриді масова частка елемента становить 87,5 %. Запишіть формулу гідриду.
4. Масова частка одновалентного металічного елемента у кристалогідраті його сульфату становить 10,9 %. Виведіть формулу кристалогідрату. Доведіть, що задача має один розв'язок.
5. Виведіть формулу сполуки, яка забарвлює полум'я в жовтий колір і містить металічний елемент (масова частка 33,33 %), Нітроген (20,29 %) і Оксиген.
6. Масові частки Нітрогену, Сульфору і Оксигену в сполуці, що містить ще й четвертий елемент, становлять відповідно 21,21; 24,24 і 48,48 %. Знайдіть формулу сполуки, якщо до її складу входить один атом Сульфору.

Розділ 2. Кількість речовини. Розрахунки за хімічними формулами

Актуалізація опорних знань та умінь

1. Структурним частинками речовини є: молекула, атом, йон, електрон.
2. Обчислення кількості частинок в певній структурній одиниці речовини (атомів в молекулі, йонів в формульній одиниці, електронів в речовині).

$$N(\text{ат}) = n \cdot N(\text{молекул}),$$

де n - індекс в хімічній формулі.

3. Обчислення маси або об'єму речовини через густину

$$\rho = \frac{m}{V}$$

4. Об'ємна частка компонента (газу) у газовій суміші

$$\varphi = \frac{V(\text{газу})}{V(\text{суміші})}$$

5. Об'єднаний газовий закон:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

Нормальні умови: $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} = 760 \text{ мм.рт.ст.} = 1 \text{ атм};$
 $T_0 = 273 \text{ К}$ або $t_0 = 0^\circ \text{С}.$

Основні поняття, формули та розрахунки

Кількість речовини (ν) – це фізична величина, що визначається числом частинок – структурних одиниць речовини: атомів, молекул, йонів, електронів тощо.

Одиницею вимірювання кількості речовини є **моль**.

Моль – це така кількість речовини, що містить стільки структурних одиниць даної речовини, скільки атомів знаходиться в 12 г нукліді Карбону ^{12}C .

Число атомів, яке міститься в 12 г Карбону ^{12}C , дорівнює $6,02 \cdot 10^{23}$, його називають **числом Авогадро**. Число Авогадро розраховують діленням 12 г на масу одного атома Карбону $1,993 \cdot 10^{-23} \text{ г}.$

Число Авогадро чисельно дорівнює сталій Авогадро (N_A).

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \quad \text{або} \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

1 моль водню містить $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул H_2 ;

1 моль Гідрогену містить $6,02 \cdot 10^{23}$ атомів H ;

1 моль води містить $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул H_2O

Кількість речовини дорівнює відношенню числа структурних одиниць речовини (атомів, молекул тощо) до сталої Авогадро.

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

ν – кількість речовини, моль;

N – число структурних одиниць речовини.

Кількість речовини елемента в певній кількості речовини сполуки:

$$\nu(E) = n \cdot \nu(\text{сполуки})$$

n – індекс в хімічній формулі

Молярна маса (M) – це маса 1 моль речовини.

Одиниці вимірювання молярної маси г/моль або кг/моль.

Молярну масу визначають відношенням маси речовини до кількості речовини:

$$M = \frac{m}{\nu}$$

Чисельно молярна маса співпадає з відносною молекулярною масою.

Відносна молекулярна маса води $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$, її молярна маса $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ г/моль.

Відносна молекулярна маса сульфатної кислоти $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$, її молярна маса $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$ г/моль.

Закон Авогадро: в рівних об'ємах різних газів за однакових умов міститься однакова кількість молекул.

Газуваті речовини з однаковою кількістю молекул за однакових умов займають однаковий об'єм, тож

$6,02 \cdot 10^{23}$ молекул будь якого газу займають однаковий об'єм. Цей об'єм називають молярним, тому що $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул становить 1 моль.

Молярний об'єм (V_m) – це об'єм одного моля речовини в газуватому стані.

Молярний об'єм – це відношення об'єму речовини до кількості речовини:

$$V_m = \frac{V}{\nu}$$

Одиниці вимірювання молярного об'єму л/моль або м³/моль.

Особливість газуватого стану речовини полягає в тому, що гази чутливі до температури та тиску, тому кількість речовини газів визначається за певних умов.

Ці параметри за нормальних умов в розрахункових формулах позначаються T_0 та P_0 .

За нормальних умов об'єм 1 моль будь-якого газу дорівнює 22,4 л.

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль}$$

Рівняння Менделєєва – Клапейрона: $PV = \nu RT$

R – універсальна газова стала ($R = 8,314$ Дж/(моль·К));

P – тиск, Па; V – об'єм, м³; T – температура, К.

Відносна густина газів (D) – це відношення маси певного об'єму одного газу до маси такого ж об'єму іншого газу, взятих за однакових умов.

$$D = \frac{m_1}{m_2}$$

Відносна густина дорівнює відношенню абсолютних густин газів:

$$D = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

Відносна густина дорівнює відношенню відносних молекулярних або молярних мас газів:

$$D = \frac{M_{r1}}{M_{r2}} \qquad D = \frac{M_1}{M_2}$$

Здебільшого відносну густину газів визначають за воднем, повітрям або киснем:

$$D(H_2) = \frac{M_r(\text{газу})}{2}; \quad D(\text{пов.}) = \frac{M_r(\text{газу})}{29}; \quad D(O_2) = \frac{M_r(\text{газу})}{32}$$

Відносна густина водяної пари за воднем дорівнює:

$$D(H_2) = \frac{M(H_2O)}{2 \text{ г/моль}}; \quad D(H_2) = \frac{18 \text{ г/моль}}{2 \text{ г/моль}} = 9$$

Густина речовини у газоподібному стані:

$$\rho = \frac{M}{V_m}$$

Мольна частка компонента в суміші (χ):

$$\chi(\text{сполуки}) = \frac{v(\text{сполуки})}{\Sigma v(\text{сполук})}$$

Мольна частка компонента у газоподібній суміші чисельно дорівнює його об'ємній частці ($\chi(\text{сполуки}) = \varphi(\text{сполуки})$).

$$\varphi(\text{сполуки}) = \frac{V(\text{сполуки})}{V(\text{суміші})} \qquad \varphi(\text{сполуки}) = \frac{v(\text{сполуки}) \cdot V_m}{v(\text{суміші}) \cdot V_m}$$

$$\varphi(\text{сполуки}) = \frac{v(\text{сполуки})}{v(\text{суміші})} \qquad \frac{v(\text{сполуки})}{v(\text{суміші})} = \chi(\text{сполуки})$$

$$\chi(\text{сполуки}) = \varphi(\text{сполуки})$$

Середня молярна маса газової суміші ($M_{\text{сер}}$) дорівнює суміш добутків молярної маси газу на його об'ємну (мольну) частку в складі газової суміші.

$$M_{\text{сер}} = M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2 \dots + M_n \cdot \varphi_n$$

M_1, M_2, M_n – молярні маси газів, що входять до складу суміші;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_n$ – об'ємні частки газів, що входять до складу суміші;

n – число компонентів у газовій суміші.

Формули для розв'язання розрахункових задач

$v = \frac{N}{N_A}$	$v = \frac{m}{M}$	$v = \frac{V}{V_m}$
$v = \frac{N}{N_A} \quad v = \frac{m}{M}$	$v = \frac{N}{N_A} \quad v = \frac{V}{V_m}$	$v = \frac{m}{M} \quad v = \frac{V}{V_m}$
$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$	$\frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_m}$	$\frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}$

2.1. Приклади розв'язання задач на обчислення кількості речовини, числа частинок (молекул, атомів, йонів), маси та об'єму речовини, відносної густини газів

1. У якій кількості речовини міститься $3,01 \cdot 10^{23}$ атомів Купруму?

<i>Дано:</i> $N(\text{Cu}) = 3,01 \cdot 10^{23}$ атомів	<i>Розв'язання</i> $\nu = \frac{N}{N_A}; \quad \nu(\text{Cu}) = \frac{3,01 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,5 \text{ моль}$
$\nu(\text{Cu}) - ?$	Відповідь: 0,5 моль Купруму

2. Розрахувати масу калій сульфату K_2SO_4 кількістю речовини 0,1 моль.

<i>Дано:</i> $\nu(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ моль}$	<i>Розв'язання</i>
$m(\text{K}_2\text{SO}_4) - ?$	$1. \nu = \frac{m}{M}; \quad m = \nu \cdot M$ $M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 39 + 32 + 4 \cdot 16 = 174 \text{ г/моль.}$ $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ моль} \cdot 174 \text{ г/моль} = 17,4 \text{ г.}$ Відповідь: 17,4 г K_2SO_4

3. Для води масою 0,009 кг розрахуйте: а) кількість речовини; б) число молекул; в) число атомів всіх елементів.

<i>Дано:</i> $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,009 \text{ кг}$	<i>Розв'язання</i>
$\nu(\text{H}_2\text{O}) - ?$	а) $\nu = \frac{m}{M}; \quad M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}; \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль};$
$N(\text{H}_2\text{O}) - ?$	б) $\nu = \frac{N}{N_A}$, звідки $N = N_A \cdot \nu$;
$N(\text{H}, \text{O}) - ?$	$N(\text{H}_2\text{O}) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 0,5 \text{ моль} = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ (молекул);}$ в) одна молекула води складається з трьох атомів: двох атомів Гідрогену та одного атома Оксигену; $N(\text{атомів}) = 3 \cdot N(\text{H}_2\text{O});$ $N(\text{атомів}) = 3 \cdot 3,01 \cdot 10^{23} = 9,03 \cdot 10^{23} \text{ атомів.}$ Відповідь: 0,5 моль води; $3,01 \cdot 10^{23}$ молекул води; $9,03 \cdot 10^{23}$ атомів Гідрогену і Оксигену.

4. У якій масі води міститься стільки молекул, скільки їх знаходиться в 4,48 л (н.у.) амоніаку NH_3 ?

<i>Дано:</i> $V(\text{NH}_3) = 4,48 \text{ л}$ $N(\text{NH}_3) = N(\text{H}_2\text{O})$	<i>Розв'язання</i>
$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$	$1. \nu = \frac{V}{V_m}; \quad \nu(\text{NH}_3) = \frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,2 \text{ моль}$ 2. Однакові кількості речовини різних речовин містять однакові кількості молекул, тобто $N(\text{NH}_3) = N(\text{H}_2\text{O}); \quad \nu(\text{NH}_3) = \nu(\text{H}_2\text{O}),$ $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \text{ моль};$ 3. $\nu = \frac{m}{M}$, звідки $m = \nu \cdot M$; $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 3,6 \text{ г.}$ Відповідь: 3,6 г H_2O.

5. Відносна густина газу за воднем становить 17. Знайдіть масу 1 л (н.у.) цього газу. Яка його відносна густина за повітрям?

Дано:	Розв'язання
$D(H_2) = 17$ $V(\text{газу}) = 1 \text{ л}$	1. $D(H_2) = \frac{M(\text{газу})}{M(H_2)}$; $M(\text{газу}) = M(H_2) \cdot D(H_2)$; $M(\text{газу}) = 2 \text{ г/моль} \cdot 17 = 34 \text{ г/моль}$;
$m(\text{газу}) - ?$ $D(\text{пов.}) - ?$	2. $v = \frac{V}{V_m}$; $v(\text{газу}) = \frac{1 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,045 \text{ моль}$ 3. $m = v \cdot M$; $m(\text{газу}) = 0,045 \text{ моль} \cdot 34 \text{ г/моль} = 1,53 \text{ г}$ 4. $D(\text{повітря}) = \frac{M(\text{газу})}{M(\text{пов.})}$; $D(\text{пов.}) = \frac{34 \text{ г/моль}}{29 \text{ г/моль}} = 1,17$
	Відповідь: 1,53 г газу; $D(\text{пов.}) = 1,17$

6. Спеціальну посудину по черзі заповнювали газами і зважували за однакових умов. Маса її з амоніаком, аргоном та невідомим газом Х становила відповідно 58,95 г, 69,3 г, 71,1 г. Визначте молярну масу невідомого газу Х.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{пос. з } NH_3) = 58,95 \text{ г}$ $m(\text{пос. з } Ar) = 69,3 \text{ г}$ $m(\text{пос. з } X) = 71,1 \text{ г}$	1. Нехай маса посудини = $x \text{ г}$, тоді $m(NH_3) = (58,95 - x) \text{ г}$; $m(Ar) = (69,3 - x) \text{ г}$
$M(X) - ?$	2. $v = \frac{m}{M}$; $v(NH_3) = (\frac{58,95 - x}{17}) \text{ моль}$; $v(Ar) = (\frac{69,3 - x}{40}) \text{ моль}$ 3. $V(NH_3) = V(Ar) = V(X)$, звідси $v(NH_3) = v(Ar) = v(X)$ $\frac{58,95 - x}{17} = \frac{69,3 - x}{40}$; $x = 51,3$; $m(\text{посудини}) = 51,3 \text{ г}$. $m(NH_3) = 58,95 \text{ г} - 51,3 \text{ г} = 7,65 \text{ г}$ $v(NH_3) = \frac{7,65 \text{ г}}{17 \text{ г/моль}} = 0,45 \text{ моль}$ $v(X) = 0,45 \text{ моль}$; $m(X) = 71,1 \text{ г} - 51,3 \text{ г} = 19,8 \text{ г}$ $M(X) = \frac{m(X)}{v(X)}$ $M(X) = \frac{19,8 \text{ г}}{0,45 \text{ моль}} = 44 \text{ г/моль}$
	Відповідь: 44 г/моль

Формули для обчислення кількості речовини структурних частинок сполук

$$\begin{aligned}
 v(E) &= n \cdot v(\text{сполуки}) & \mathbf{A_x B_y} & & \mathbf{A_x B_y C_z} \\
 n &= \frac{v(E)}{v(\text{сполуки})} & v(\text{сполуки}) &= \frac{v(A)}{n(A)} & n(A) : n(B) : n(C) = \\
 v(\text{сполуки}) &= \frac{v(E)}{n} & v(\text{сполуки}) &= \frac{v(B)}{n(B)} & = v(A) : v(B) : v(C) \\
 & & \frac{v(A)}{n(A)} &= \frac{v(B)}{n(B)}; & \frac{n(A)}{n(B)} = \frac{v(A)}{v(B)} \\
 & & v(B) &= \frac{v(A) \cdot n(B)}{n(A)}
 \end{aligned}$$

2.1. Приклади розв'язання задач на обчислення кількості речовини структурних частинок сполук

1. Обчисліть кількість речовини кальцій ортофосфату, що містить 1,6 моль Оксигену.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$v(O) = 1,6 \text{ моль}$	
$v[Ca_3(PO_4)_2] - ?$	$v(E) = n \cdot v(\text{сполуки}); \quad v(\text{сполуки}) = \frac{v(E)}{n};$ $v[Ca_3(PO_4)_2] = \frac{1,6 \text{ моль}}{8} = 0,2 \text{ моль}$ Відповідь: 0,2 моль $Ca_3(PO_4)_2$

2. У якій кількості речовини сульфур(VI) оксиду міститься таке ж число атомів Оксигену, як у 0,3 моль сульфур(IV) оксиду?

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$v(SO_2) = 0,3 \text{ моль}$	
$v(SO_3) - ?$	$v(E) = n \cdot v(\text{сполуки});$ $v(S) = 2 v(SO_2); \quad v(S) = 3 v(SO_3);$ $2v(SO_2) = 3 v(SO_3);$ $v(SO_3) = \frac{2 \cdot v(SO_2)}{3}$ $v(SO_3) = \frac{2 \cdot 0,3 \text{ моль}}{3} = 0,2 \text{ моль}$ Відповідь: 0,2 моль SO_3

3. Скільки атомів Гідрогену міститься в 2,24 л суміші метану (CH₄) та етену (C₂H₄)?

<i>Дано:</i> V(суміші) = 2,24 л	<i>Розв'язання</i>
N(H) – ?	1. $v = \frac{V}{V_i}$; $v(\text{суміші}) = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль}$ 2. $v(\text{E}) = n \cdot v(\text{сполуки})$; $v(\text{H}) = 4 v(\text{CH}_4)$; $v(\text{H}) = 4 v(\text{C}_2\text{H}_4)$; Кількість атомів Гідрогену в молекулі метану і етену однакова, $n(\text{H}) = 4$; Тоді: $v(\text{H}) = 4 v(\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_4)$ $v(\text{H}) = 4 \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$ 3. $v = \frac{N}{N_A}$; $N = v \cdot N_A$; $N(\text{H}) = 0,4 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 2,408 \cdot 10^{23} \text{ атомів}$ Відповідь: $2,408 \cdot 10^{23}$ атомів Гідрогену

4. У суміші ферум(III) і ферум(II) оксидів кількість речовини Оксигену в 1,25 рази більше від кількості речовини Феруму. Визначте масову частку (%) ферум(III) оксиду в суміші.

<i>Дано:</i> $v(\text{O}) : v(\text{Fe}) = 1,25$	<i>Розв'язання</i>
$w\%(\text{Fe}_2\text{O}_3) - ?$	1. В суміші $v(\text{Fe}_2\text{O}_3) = x \text{ моль}$; $v(\text{FeO}) = y \text{ моль}$; 2. $v(\text{O}) = 3 v(\text{Fe}_2\text{O}_3)$; $v(\text{O})' = 3x$; $v(\text{Fe})' = 2x$; $v(\text{O}) = v(\text{FeO})$; $v(\text{O})'' = y$; $v(\text{Fe})'' = y$; $v(\text{O}) = v(\text{O})' + v(\text{O})''$; $v(\text{Fe}) = v(\text{Fe})' + v(\text{Fe})''$; $\frac{3x + y}{2x + y} = 1,25$ $3x + y = 2,5x + 1,25 y$; $0,5x = 0,25 y$; $\frac{x}{y} = \frac{0,25}{0,5} = \frac{1}{2}$; 3. Візьмемо порцію суміші, в якій 1 моль Fe₂O₃ і 2 моль FeO. $M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160 \text{ г/моль}$; $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160 \text{ г}$; $M(\text{FeO}) = 72 \text{ г/моль}$; $m(\text{FeO}) = 2 \text{ моль} \cdot 72 \text{ г/моль} = 144 \text{ г}$ 4. $m(\text{суміші}) = 160 \text{ г} + 144 \text{ г} = 304 \text{ г}$ 5. $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{160 \text{ г}}{304 \text{ г}} = 0,526$; $w\%(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 52,6 \%$ Відповідь: 52,6 % Fe₂O₃

2.2. Приклади розв'язання задач на встановлення хімічної формули сполуки з використанням поняття «кількість речовини»

1. Визначте формулу сполуки, що містить 0,14 г Феруму та 0,06 г Оксигену.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{Fe}) = 0,14 \text{ г}$ $m(\text{O}) = 0,06 \text{ г}$ $\text{Fe}_x\text{O}_y - ?$	$1. \nu(\text{Fe}) = \frac{0,14 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,0025 \text{ моль};$ $\nu(\text{O}) = \frac{0,06 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,00375 \text{ моль};$ $2. \nu(\text{E}) = n \cdot \nu(\text{сполуки})$ $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = \nu(\text{Fe}) : \nu(\text{O});$ $\frac{\nu(\text{Fe})}{\nu(\text{O})} = \frac{0,0025}{0,00375} = 1 : 1,5 = 2 : 3$ $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = 2 : 3 \quad \text{Формула сполуки} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ Відповідь: Fe_2O_3

2. Визначте формулу сполуки, яка складається з Фосфору та Сульфуру, маси яких відносяться відповідно як 15,5 : 24,0.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{P}) : m(\text{S}) =$ $= 15,5 : 24,0$ $\text{P}_x\text{S}_y - ?$	$1. \nu = \frac{m}{M}; \quad m = \nu \cdot M$ Відношення мас елементів у сполуці пропорційно відношенню кількості речовини елементів: $\frac{m(\text{P})}{m(\text{S})} = \frac{\nu(\text{P})}{\nu(\text{S})};$ Відношення кількості атомів елементів пропорційно відношенню кількості речовини елементів: $\frac{n(\text{P})}{n(\text{S})} = \frac{\nu(\text{P})}{\nu(\text{S})}$ $2. \text{Візьмемо порцію речовини, в якій маси елементів:}$ $m(\text{P}) = 15,5 \text{ г}; m(\text{S}) = 24,0 \text{ г};$ $3. \nu(\text{P}) = \frac{15,5 \text{ г}}{31 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}; \nu(\text{S}) = \frac{24,0 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,75 \text{ моль};$ $4. n(\text{P}) : n(\text{S}) = 0,5 \text{ моль} : 0,75 \text{ моль} = 1 : 1,5 = 2 : 3$ Формула сполуки P_2S_3 Відповідь: P_2S_3

3. Сполука Калію з Оксигеном масою 2,34 г містить $2,0 \cdot 10^{22}$ атомів Калію. Встановіть формулу цієї сполуки.

Дано:	Розв'язання
$m(K_xO_y) = 2,34 \text{ г}$ $N(K) = 2,0 \cdot 10^{22} \text{ атомів}$ $K_xO_y - ?$	$1. \nu = \frac{N}{N_A}; \quad \nu(K) = \frac{2,0 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,033 \text{ моль}$ $2. m(K) = 0,033 \text{ моль} \cdot 39 \text{ г/моль} = 1,287 \text{ г};$ $3. m(O) = 2,34 \text{ г} - 1,287 \text{ г} = 1,053 \text{ г};$ $4. \nu(O) = \frac{1,053 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,066 \text{ моль}$ $5. \nu(K) : \nu(O) = 0,033 \text{ моль} : 0,066 \text{ моль} = 1 : 2$ $n(K) : n(O) = 1 : 2$ Формула сполуки KO_2
	Відповідь: KO_2

4. Масові частки Сульфуру і Флуору у сполуці відповідно становлять 25,2 % і 74,8 %. У газоподібному стані ця сполука об'ємом 112 мл (н.у.) має таку же масу як $2,83 \cdot 10^{22}$ атомів Алюмінію. Встановіть молекулярну формулу сполуки.

Дано:	Розв'язання
$w\%(S) = 25,2 \%$ $w\%(F) = 74,8 \%$ $V(S_xF_y) = 112 \text{ мл}$ $N(Al) = 2,83 \cdot 10^{22} \text{ атомів}$ $S_xF_y - ?$	$1. \nu = \frac{N}{N_A}; \quad \nu(Al) = \frac{2,83 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,047 \text{ моль}$ $2. \nu = \frac{m}{M} \quad m = \nu \cdot M$ $m(Al) = 0,047 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 1,269 \text{ г}$ $3. m(S_xF_y) = m(Al)$ $\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu = \frac{V}{V_m}; \quad \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}; \quad M = \frac{m \cdot V_m}{V}$ $M(S_xF_y) = \frac{1,269 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{0,112 \text{ л}} = 254 \text{ г/моль}$ $4. \text{Нехай кількість речовини } S_xF_y \text{ становить 1 моль, тоді}$ $m(S_xF_y) = 254 \text{ г}$ $5. m(S) = 254 \cdot 0,252 = 64 \text{ г}$ $m(F) = 254 \cdot 0,748 = 190 \text{ г}$ $6. \nu(S) = \frac{64 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль}; \quad \nu(F) = \frac{190 \text{ г}}{19 \text{ г/моль}} = 10 \text{ моль}$ $7. \nu(E) = n \cdot \nu(\text{сполуки}); \quad n = \frac{\nu(E)}{\nu(\text{сполуки})};$ $n(S) = \frac{2 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 2 \quad n(F) = \frac{10 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 10$ Молекулярна формула сполуки - S_2F_{10}
	Відповідь: S_2F_{10}

5. При спалюванні речовини А масою 2,66 г утворюється 1,54 г карбон(IV) оксиду та 0,07 моль сульфур(IV) оксиду. Визначити хімічну формулу речовини А.

Дано:	Розв'язання
$m(A) = 2,66 \text{ г}$ $m(\text{CO}_2) = 1,54 \text{ г}$ $v(\text{SO}_2) = 0,07 \text{ моль}$	$1. \quad v = \frac{m}{M}; \quad v(\text{CO}_2) = \frac{1,54 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,035 \text{ моль}$
$\text{C}_x\text{S}_y\text{O}_z - ?$	$2. \quad v(\text{C}) = v(\text{CO}_2); \quad v(\text{C}) = 0,035 \text{ моль}$
	$3. \quad m = v \cdot M; \quad m(\text{C}) = 0,035 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0,42 \text{ г}$
	$4. \quad v(\text{S}) = v(\text{SO}_2); \quad v(\text{S}) = 0,07 \text{ моль}$
	$5. \quad m(\text{S}) = 0,07 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 2,24 \text{ г}$
	$6. \quad m(\text{S}) + m(\text{C}) = 2,24 \text{ г} + 0,42 \text{ г} = 2,66 \text{ г}$ Оксиген у сполуці А відсутній.
	$7. \quad n(\text{C}) : n(\text{S}) = v(\text{C}) : v(\text{S}) = 0,35 : 0,07 = 1 : 2$
	Формула сполуки CS_2
	Відповідь: CS_2

6. Речовина певної маси містить 15,6 г металічного елемента, 19,2 г Оксигену, 0,4 г Гідрогену та 12,8 г Сульфору. Визначте формулу цієї речовини.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{Me}) = 15,6 \text{ г}$ $m(\text{O}) = 19,2 \text{ г}$ $m(\text{H}) = 0,4 \text{ г}$ $m(\text{S}) = 12,8 \text{ г}$	$\text{Me}_x\text{O}_y\text{H}_z\text{S}_n$; Me – невідомий металічний елемент;
$\text{Me}_x\text{O}_y\text{H}_z\text{S}_n - ?$	$1. \quad v = \frac{m}{M}; \quad v(\text{O}) = \frac{19,2 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 1,2 \text{ моль};$ $v(\text{H}) = \frac{0,4 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}; \quad v(\text{S}) = \frac{12,8 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль};$
	$2. \quad v(\text{O}) : v(\text{H}) : v(\text{S}) = 1,2 \text{ моль} : 0,4 \text{ моль} : 0,4 \text{ моль} = 3 : 1 : 1$ $n(\text{O}) : n(\text{H}) : n(\text{S}) = v(\text{O}) : v(\text{H}) : v(\text{S}) = 3 : 1 : 1$
	3. Формула сполуки $\text{Me}_x\text{O}_3\text{HS}$ за умови, що атомний фактор (співвідношення числа атомів у найпростішій формулі) дорівнює одиниці.
	4. Для $\text{A}_x\text{B}_y \quad v(\text{E}) = n \cdot v(\text{сполуки})$ $v(\text{A}) = x \cdot v(\text{A}_x\text{B}_y); \quad v(\text{B}) = y \cdot v(\text{A}_x\text{B}_y);$

$$v(A_xB_y) = \frac{v(A)}{x(A)}; \quad v(A_xB_y) = \frac{v(B)}{y(B)}.$$

Оскільки кількість речовини сполуки однакова, то

$$\frac{v(A)}{x(A)} = \frac{v(B)}{y(B)}; \quad \frac{m(A)}{M(A) \cdot x(A)} = \frac{m(B)}{M(B) \cdot y(B)};$$

Для сполуки Me_xHSO_3

$$\frac{m(Me)}{M(Me) \cdot x(Me)} = \frac{m(O)}{M(O) \cdot y(O)};$$

$$M(Me) = \frac{m(Me) \cdot M(O) \cdot y(O)}{m(O) \cdot x(Me)};$$

$$M(Me) = \frac{15,6 \text{ г} \cdot 16 \text{ г/моль} \cdot 3}{19,2 \text{ г} \cdot x(Me)} = \frac{39 \text{ г/моль}}{x(Me)};$$

$x = 1$; $M(Me) = 39 \text{ г/моль}$; $Me - K$;

$x = 2$; $M(Me) = 18,5 \text{ г/моль}$; $Me - \text{не існує}$;

$x = 3$; $M(Me) = 13 \text{ г/моль}$; $Me - \text{не існує}$;

Формула сполуки $KHSO_3$

Відповідь: $KHSO_3$

2.3. Обчислення масової, об'ємної, мольної часток газуватих сполук в сумішах

1. Суміш складається з карбон(IV) оксиду, азоту та аргону. Об'ємні частки газів становлять 20 %, 50 % та 30 % відповідно. Визначте масові частки (%) газів в суміші.

Дано:

$$\varphi \% (CO_2) = 20 \%$$

$$\varphi \% (N_2) = 50 \%$$

$$\varphi \% (Ar) = 30 \%$$

Розв'язання

Для сумішей газів $\chi(\text{сполуки}) = \varphi(\text{сполуки})$, де χ - мольна частка сполуки у суміші газів; φ - об'ємна частка сполуки у суміші газів.

1. Візьмемо 1 моль суміші, тоді кількість речовини газів становлять:

$$v(CO_2) = 1 \text{ моль} \cdot 0,2 = 0,2 \text{ моль};$$

$$v(N_2) = 1 \text{ моль} \cdot 0,5 = 0,5 \text{ моль};$$

$$v(Ar) = 1 \text{ моль} \cdot 0,3 = 0,3 \text{ моль}$$

$$2. \quad v = \frac{m}{M}; \quad m = v \cdot M$$

$$M(CO_2) = 44 \text{ г/моль}; \quad m(CO_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 8,8 \text{ г}$$

$$w \% (CO_2) - ?$$

$$w \% (N_2) - ?$$

$$w \% (Ar) - ?$$

$$M(N_2) = 28 \text{ г/моль}; m(N_2) = 0,5 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 14 \text{ г};$$

$$M(Ar) = 40 \text{ г/моль}; m(Ar) = 0,3 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 12 \text{ г}$$

$$3. m(\text{суміші}) = 8,8 \text{ г} + 14 \text{ г} + 12 \text{ г} = 34,8 \text{ г}$$

$$4. w_{\%}(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки}) \cdot 100 \%}{m(\text{суміші})};$$

$$w_{\%} (CO_2) = \frac{8,8 \text{ г} \cdot 100 \%}{34,8 \text{ г}} = 25,3 \% \quad w_{\%} (N_2) = \frac{14 \text{ г} \cdot 100 \%}{34,8 \text{ г}} = 40,2 \%$$

$$w_{\%} (Ar) = \frac{12 \text{ г} \cdot 100 \%}{34,8 \text{ г}} = 34,5 \%$$

Відповідь: 25,3 % CO₂; 40,2 % N₂; 34,5 % Ar

2. У суміші карбон(IV) оксиду і азоту масові частки газів однакові. Визначте об'ємні частки газів у відсотках.

Дано:

$$w(CO_2) = 0,5$$

$$w(N_2) = 0,5$$

$$\varphi_{\%} (CO_2) - ?$$

$$\varphi_{\%} (N_2) - ?$$

Розв'язання

І спосіб

1. У 100 г суміші 50 г карбон(IV) оксиду і 50 г азоту.

$$2. v(CO_2) = \frac{50 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 1,136 \text{ моль}$$

$$v(N_2) = \frac{50 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} = 1,786 \text{ моль}$$

$$3. \chi(\text{сполуки}) = \frac{v(\text{сполуки})}{v(\text{суміші})}$$

$$v(\text{суміші}) = 1,136 \text{ моль} + 1,786 \text{ моль} = 2,922 \text{ моль}$$

$$\chi(CO_2) = \frac{1,136 \text{ моль}}{2,922 \text{ моль}} = 0,389$$

$$\chi(N_2) = \frac{1,786 \text{ моль}}{2,922 \text{ моль}} = 0,611$$

$$4. \varphi(\text{сполуки}) = \chi(\text{сполуки})$$

$$\varphi(CO_2) = 0,389 \text{ або } 38,9 \%$$

$$\varphi(N_2) = 0,611 \text{ або } 61,1 \%$$

II спосіб

$$w(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки})}{m(\text{суміші})}; m(\text{сполуки}) = m(\text{суміші}) \cdot$$

$$w(\text{сполуки})$$

В x г суміші міститься 0,5x г CO₂ та 0,5x г N₂

$$v(CO_2) = \frac{0,5x}{M(CO_2)} \quad v(N_2) = \frac{0,5x}{M(N_2)}$$

$$v(\text{суміші}) = \frac{0,5x}{M(CO_2)} + \frac{0,5x}{M(N_2)}$$

$$\varphi(\text{сполуки}) = \chi(\text{сполуки})$$

$$\chi(\text{сполуки}) = \frac{v(\text{сполуки})}{v(\text{суміші})} \quad \varphi(\text{CO}_2) = \frac{\frac{0,5x}{M(\text{CO}_2)}}{\frac{0,5x}{M(\text{CO}_2)} + \frac{0,5x}{M(\text{N}_2)}}$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{\frac{1}{44}}{\frac{1}{44} + \frac{1}{28}}; \quad \varphi(\text{CO}_2) = 0,389 \text{ або } 38,9 \%$$

$$\varphi\%(\text{N}_2) = 100\% - \varphi\%(\text{CO}_2) \quad \varphi\%(\text{N}_2) = 100\% - 38,9\% = 61,1\%$$

Відповідь: 38,9 % CO₂; 61,1 % N₂

2.4. Встановлення складу газоподібної суміші за її відотною молекулярною або молярною масою

1. Газова суміш містить (відсотки за об'ємом): 30 % азоту, 10 % водню та 60 % амоніаку. Визначити середню відносну молекулярну масу газової суміші.

Дано:

$$\varphi\%(\text{N}_2) = 30\%$$

$$\varphi\%(\text{H}_2) = 10\%$$

$$\varphi\%(\text{NH}_3) = 60\%$$

$$M_{\text{гсеп}} - ?$$

Розв'язання

$$M_{\text{гсеп}} = M_{\text{г1}} \cdot \varphi_1 + M_{\text{г2}} \cdot \varphi_2 + M_{\text{г3}} \cdot \varphi_3;$$

$$M_{\text{г}}(\text{N}_2) = 28; M_{\text{г}}(\text{H}_2) = 2; M_{\text{г}}(\text{NH}_3) = 17;$$

$$M_{\text{гсеп}} = 28 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,1 + 17 \cdot 0,6 = 18,8$$

Відповідь: 18,8

Для обчислення об'ємних часток компонентів газової суміші за її середньою молярною масою необхідно згадати основні формули її знаходження:

$$1) M = \frac{m}{v} \quad 2) \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}; \quad M = \frac{m \cdot V_m}{V} \quad 3) D(\text{H}_2) = \frac{M(\text{газу})}{M(\text{H}_2)}; \quad M(\text{газу}) = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2)$$

$$4) D(\text{пов}) = \frac{M(\text{газу})}{29 \text{ г/моль}}; \quad M(\text{газу}) = D(\text{пов}) \cdot 29 \text{ г/моль}; \quad 5) \rho = \frac{M}{V_m}; \quad M = \rho \cdot V_m$$

б) Для умов, відмінних від нормальних:

$$\text{а) об'єднаний газовий закон} \quad \frac{V_0 \cdot P_0}{T_0} = \frac{V_1 \cdot P_1}{T_1}; \quad V_0 = \frac{V_1 \cdot P_1 \cdot T_0}{T_1 \cdot P_0}; \quad \frac{V_0}{V_m} = \frac{m}{M};$$

$$\text{б) рівняння Менделєєва – Клапейрона} \quad PV = \frac{m}{M}RT; \quad M = \frac{m \cdot R \cdot T}{PV},$$

де R – універсальна газова стала (R = 8,314 Дж/(моль·К));

P – тиск, Па; V – об'єм, м³; T – температура, К.

Якщо зазначається густина при змінених умовах, її можна подати як окремі складові: m – маса газової суміші, V = 1 л

Відносна молекулярна маса чисельно дорівнює молярній масі.

2. Визначити об'ємний склад (у %) газової суміші, що містить карбон(II) оксид та карбон(IV) оксид, якщо її густина за воднем становить 18,8.

Дано:	Розв'язання
$D(H_2) = 18,8$	1. $D(H_2) = \frac{M(\text{газу})}{M(H_2)}$; $M(\text{газу}) = D(H_2) \cdot M(H_2)$; $M(\text{газової суміші}) = 18,8 \cdot 2 \text{ г/моль} = 37,6 \text{ г/моль}$;
$\varphi\% (CO) - ?$ $\varphi\% (CO_2) - ?$	2. $M_{\text{сер}} = M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2$ Нехай $\varphi(CO) = x$, тоді $\varphi(CO_2) = (1 - x)$; $M(CO) = 28 \text{ г/моль}$; $M(CO_2) = 44 \text{ г/моль}$; $37,6 \text{ г/моль} = 28 \text{ г/моль} \cdot x + 44 \text{ г/моль} \cdot (1 - x)$; $x = 0,4$ $\varphi(CO) = 0,4$ або 40 % $\varphi(CO_2) = 1 - 0,4 = 0,6$; $\varphi\% (CO_2) = 60\%$ Відповідь: об'ємний склад газової суміші 40 % CO і 60 % CO ₂

3. Газова суміш, що складається з водню, метану і карбон(II) оксиду, має густину 1,715 г/л при тиску 2 атм і температурі 0° С. Вміст метану (за об'ємом) становить 30 %. В якому об'ємному відношенні знаходяться у цій суміші водень і карбон(II) оксид.

Дано:	Розв'язання
$\rho = 1,715 \text{ г/л}$ $P = 2 \text{ атм}$ $t = 0^\circ \text{C}$ $\varphi\% (CH_4) = 30\%$	1. $\rho = 1,715 \text{ г/л} \rightarrow m = 1,715 \text{ г}$, $V = 1 \text{ л} = 0,001 \text{ м}^3$; $t = 0^\circ \text{C}$, $T = 273 \text{ К}$; $P = 2 \text{ атм} = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$
$V(H_2) : V(CO) - ?$	2. $PV = \frac{m}{M}RT$; $M = \frac{m \cdot R \cdot T}{PV}$ $M(\text{сум}) = \frac{1,715 \text{ г} \cdot 8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 273}{2,026 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,001 \text{ м}^3} = 19,2 \text{ г/моль}$; 3. $M_{\text{сер}} = M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2 + M_3 \cdot \varphi_3$; $\varphi_1 = \varphi(CH_4) = 0,3$; $\varphi_2 = \varphi(H_2) = x$; $\varphi_3 = \varphi(CO) = 1 - 0,3 - x = 0,7 - x$; $M(CH_4) = 16 \text{ г/моль}$; $M(H_2) = 2 \text{ г/моль}$; $M(CO) = 28 \text{ г/моль}$; $19,2 \text{ г/моль} = 16 \text{ г/моль} \cdot 0,3 + 2 \text{ г/моль} \cdot x + 28 \text{ г/моль} \cdot (0,7 - x)$; $19,2 = 4,6 + 2x + 19,6 - 28x$; $26x = 5,2$; $x = 0,2$ $\varphi(H_2) = 0,2$; $\varphi(CO) = 0,7 - 0,2 = 0,5$; 4. $V(H_2) : V(CO) = \varphi(H_2) : \varphi(CO) = 0,2 : 0,5 = 2 : 5$ Відповідь: $V(H_2) : V(CO) = 2 : 5$

4. Визначте об'ємний склад (у %) газової суміші, що містить карбон(II) оксид і повітря, якщо 8,683 г її при 5 атм і 47° С займають об'єм 1,6 л.

Дано:

$$m(\text{суміші газів}) = 8,683 \text{ г}$$

$$P = 5 \text{ атм}$$

$$t^0 = 47^0 \text{ C}$$

$$V = 1,6 \text{ л}$$

$$\varphi \% (\text{CO}) - ?$$

$$\varphi \% (\text{N}_2) - ?$$

$$\varphi \% (\text{O}_2) - ?$$

Розв'язання

$$1. \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}; \quad V_0 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_0}{T_1 \cdot P_0}; \quad \frac{V_0}{V_m} = \frac{m}{M};$$

$$M = \frac{m \cdot V_m}{V_0}; \quad M = \frac{m \cdot V_m \cdot T_1 \cdot P_0}{P_1 \cdot V_1 \cdot T_0}$$

$$M(\text{газової суміші}) = \frac{8,683 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ г/моль} \cdot (273 + 47) \text{ К} \cdot 1 \text{ атм}}{5 \text{ атм} \cdot 1,6 \text{ л} \cdot 273 \text{ К}} =$$

$$= 28,498 \text{ г/моль} = 28,5 \text{ г/моль}$$

$$2. \text{ Якщо } \varphi(\text{пов.}) - x, \text{ тоді } \varphi(\text{CO}) = 1 - x$$

В повітрі $\varphi(\text{N}_2) = 0,8$ $\varphi(\text{O}_2) = 0,2$, тоді в газовій суміші повітря і карбон(II) оксиду $\varphi(\text{N}_2) = 0,8x$;

$$\varphi(\text{O}_2) = 0,2x;$$

$$M_{\text{гсер}} = M_{\text{r1}} \cdot \varphi_1 + M_{\text{r2}} \cdot \varphi_2 + M_{\text{r3}} \cdot \varphi_3;$$

$$M_{\text{r}}(\text{N}_2) = 28; \quad M_{\text{r}}(\text{O}_2) = 32; \quad M_{\text{r}}(\text{CO}) = 28;$$

$$M_{\text{гсер}} = M_{\text{r}}(\text{N}_2) \cdot \varphi(\text{N}_2) + M_{\text{r}}(\text{O}_2) \cdot \varphi(\text{O}_2) + M_{\text{r}}(\text{CO}) \cdot \varphi(\text{CO});$$

$$28,5 = 28 \cdot 0,8x + 32 \cdot 0,2x + 28 \cdot (1-x);$$

$$0,5 = 0,8x; \quad x = 0,625;$$

$$\varphi(\text{N}_2) = 0,8 \cdot 0,625 = 0,5; \quad \varphi(\text{O}_2) = 0,2 \cdot 0,625 = 0,125;$$

$$\varphi(\text{CO}) = 1 - 0,625 = 0,375;$$

$$\varphi \% (\text{N}_2) = 50 \%; \quad \varphi \% (\text{O}_2) = 12,5 \%; \quad \varphi \% (\text{CO}) = 37,5 \%$$

Відповідь: 50 % N₂; 12,5 % O₂; 37,5 % CO

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. Маса 4 м³ (н.у.) озону становить 8,572 кг. Обчисліть його молярну масу та відносну густина за повітрям.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.

2. Вивести формулу для визначення молярної маси речовини.

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu = \frac{V}{V_m}; \quad \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}; \quad M = \frac{m \cdot V_m}{V};$$

3. Обчислити молярну масу речовини, враховуючи відповідні розмірності величин: $m(\text{O}_3) = 8,572 \text{ кг}$; $V_m = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$; $V = 4 \text{ м}^3$.

$$M(\text{O}_3) = \frac{8,572 \text{ кг} \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}}{4 \text{ м}^3} = 0,048 \text{ кг/моль} = 48 \text{ г/моль}$$

4. Записати формулу для обчислення відносної густини газу за повітрям

$$D(\text{пов.}) = \frac{M(\text{газу})}{29};$$

5. Обчислити відносну густину газу за повітрям $D(\text{пов.}) = \frac{48 \text{ г/моль}}{29 \text{ г/моль}} = 1,655$

6. Записати відповідь.

Відповідь: $M(\text{O}_3) = 48 \text{ г/моль}$; $D(\text{пов.}) = 1,655$

2. Знайдіть масу 11,2 л (н.у.) газової суміші, що містить водень, карбон(II) оксид і карбон(IV) оксид, якщо на 1 молекулу карбон(IV) оксиду в суміші припадає 2 молекули карбон(II) оксиду і 3 молекули водню.

Орієнтовні дії

Необхідно обчислити кількість речовини газоватої суміші. Врахувати, що співвідношення числа молекул у газоватої суміші пропорційно кількості речовини відповідних газоподібних сполук. Позначити кількість речовини CO_2 за x моль. Скласти рівняння з одним невідомим. Обчислити масу кожного з компонентів газової суміші і масу всієї суміші.

Відповідь: 8,8 г

3. Спеціальну посудину по черзі заповнювали газами та зважували за однакових умов. Маса посудини з озоном, аргоном та невідомим газом X становила відповідно 102 г, 90 г та 96 г. Визначте молярну масу газу X.

Орієнтовні дії

Позначити масу посудини через x грамів. Визначити кількість речовини озону та аргону. Визначивши масу посудини, знайти молярну масу газу X. Здійснити розрахунки та записати відповідь.

Відповідь: 44 г/моль

4. В якій масі кальцій ортофосфату міститься стільки ж Фосфору, скільки його є у 2,4 моль ортофосфатної кислоти.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.

2. Записати формулу для обчислення кількості речовини елемента у сполуці.

$$\nu(E) = n \cdot \nu(\text{сполуки})$$

3. Обчислити кількість речовини елемента

$$\nu(P) = \nu(\text{H}_3\text{PO}_4); \quad \nu(P) = 2,4 \text{ моль}$$

4. Записати формулу для обчислення кількості речовини сполуки.

$$\nu(\text{сполуки}) = \frac{\nu(E)}{n}$$

5. Обчислити кількість речовини кальцій ортофосфату

$$\nu[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = \frac{2,4 \text{ моль}}{3} = 0,8 \text{ моль}$$

6. Обчислити масу сполуки

$$m = \nu \cdot M; \quad M[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = 310 \text{ г/моль};$$

$$m[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = 0,8 \text{ моль} \cdot 310 \text{ г/моль} = 248 \text{ г}$$

7. Записати відповідь.

Відповідь: 248 г $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

5. Газова суміш складається з карбон(IV) оксиду та карбон(II) оксиду. Масові частки газів становлять відповідно 60 % та 40 %. Обчисліть об'ємні частки газів у суміші (%) за нормальних умов.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.

2. Прийняти масу газової суміші за 100 г.

3. Обчислити масу кожного компонента газової суміші.

$$m(\text{CO}_2) = 100 \text{ г} \cdot 0,6 = 60 \text{ г}; \quad m(\text{CO}) = 100 \text{ г} \cdot 0,4 = 40 \text{ г};$$

4. Обчислити кількість речовини кожного газу.

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu(\text{CO}_2) = \frac{60 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 1,36 \text{ моль}; \quad \nu(\text{CO}) = \frac{40 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} = 1,43 \text{ моль};$$

5. Обчислити сумарну кількість речовини у газової суміші.

$$\nu(\text{суміші}) = 1,36 \text{ моль} + 1,43 \text{ моль} = 2,79 \text{ моль}$$

6. Оскільки для газів $\phi(\text{сполуки}) = \chi(\text{сполуки})$, необхідно обчислити мольні частки газів.

$$\chi(\text{CO}_2) = \frac{1,36 \text{ моль}}{2,79 \text{ моль}} = 0,49; \quad \phi(\text{CO}_2) = 0,49 \text{ або } 49 \%$$

$$\chi(\text{CO}) = \frac{1,43 \text{ моль}}{2,79 \text{ моль}} = 0,51; \quad \phi(\text{CO}) = 0,51 \text{ або } 51 \%$$

7. Записати відповідь.

Відповідь: 49 % CO_2 і 51 % CO

6. Суміш складається з трьох газів: карбон(II) оксиду, азоту та аргону. Об'ємні частки газів становлять 20 %, 50 %, 30 % відповідно. Визначити масові частки газів у суміші.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.

2. Прийняти об'єм газової суміші за 100 л.

3. Обчислити об'єм кожного компонента газової суміші.

$$V(\text{CO}) = 100 \text{ л} \cdot 0,2 = 20 \text{ л}; \quad V(\text{N}_2) = 100 \text{ л} \cdot 0,5 = 50 \text{ л};$$

$$V(\text{Ar}) = 100 \text{ л} \cdot 0,3 = 30 \text{ л};$$

4. Обчислити кількість речовини кожного газу.

$$\nu = \frac{V}{V_m} \quad \nu(\text{CO}) = \frac{20 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,89 \text{ моль}; \quad \nu(\text{N}_2) = \frac{50 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 2,23 \text{ моль}$$

$$v(\text{Ar}) = \frac{30 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,34 \text{ моль}$$

5. Обчислити масу кожного газу.

$$m = v \cdot M; \quad m(\text{CO}) = 0,89 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 24,9 \text{ г}$$

$$m(\text{N}_2) = 2,23 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 62,4 \text{ г}$$

$$m(\text{Ar}) = 1,34 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 53,6 \text{ г}$$

6. Визначити масу суміші газів.

$$m(\text{суміші}) = 24,9 \text{ г} + 62,4 \text{ г} + 53,6 \text{ г} = 140,9 \text{ г}$$

7. Обчислити масові частки газів.

$$w(\text{сполуки}) = \frac{m(\text{сполуки})}{m(\text{суміші})}; \quad w(\text{CO}) = \frac{24,9 \text{ г}}{140,9 \text{ г}} = 0,18 \text{ або } 18 \%$$

$$w(\text{N}_2) = \frac{62,4 \text{ г}}{140,9 \text{ г}} = 0,44 \text{ або } 44 \%; \quad w(\text{Ar}) = \frac{53,6 \text{ г}}{140,9 \text{ г}} = 0,38 \text{ або } 38 \%$$

8. Записати відповідь.

Відповідь: 18 % CO; 44 % N₂; 38 % Ar

7. Маса 1 л суміші азоту з воднем при температурі 0 °С і тиску 2 атм становить 1 г. Визначте об'ємний склад (у %) газової суміші.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.

2. Обчислити середню молярну масу газової суміші за рівнянням Менделєєва-Клайперона.

$$PV = \frac{m \cdot R \cdot T}{M}; \quad M = \frac{m \cdot R \cdot T}{PV}$$

$$P = 2 \text{ атм} = 2 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}; \quad V = 0,001 \text{ м}^3 \quad T = 273 \text{ К}$$

$$M_{\text{сер}} = \frac{1 \text{ г} \cdot 8,314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 273 \text{ К}}{2,026 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,001 \text{ м}^3} = 11,2 \text{ г/моль}$$

3. Записати формулу середньої відносної молекулярної маси газової суміші.

$$M_{\text{г сер}} = M_{\text{г 1}} \cdot \varphi_1 + M_{\text{г 2}} \cdot \varphi_2; \quad M_{\text{г сер}} = M_{\text{сер}}$$

4. Позначити об'ємну частку одного компонента за x , другого – за $(1 - x)$. Провести відповідні обчислення.

$$\varphi_1 = \varphi(\text{N}_2) = x; \quad \varphi_2 = \varphi(\text{H}_2) = (1 - x).$$

$$11,2 = 28 \cdot x + 2 \cdot (1 - x); \quad x = 0,35$$

$$\varphi(\text{N}_2) = 0,35 \text{ або } 35 \%; \quad \varphi(\text{H}_2) = 1 - 0,35 = 0,65 \text{ або } 65 \%;$$

5. Записати відповідь.

Відповідь: 35 % N₂; 65 % H₂

8. Через водний розчин бром у пропустили 5,6 л (н.у.) газової суміші, що складається з пропану, бутану і бутену. Прореагувало 0,075 моль бутену. Визначити об'ємний склад (%) газової суміші, якщо густина її за киснем 1,75.

Орієнтовні дії

Необхідно визначити об'ємну частку бутену у газовій суміші. Позначити, наприклад, $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8)$ за x і підставити у формулу для обчислення середньої молярної маси трикомпонентної суміші. Провести відповідні обчислення.

Відповідь: 47,5 % пропану, 22,5 % бутану, 30 % бутену

9. Зразок солі містить 32,4 г Натрію, 45,1 г Оксигену і 22,5 г невідомого елемента. Встановіть хімічну формулу солі.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Встановити найпростіше співвідношення атомів відомих елементів.

$$n(\text{Na}) : n(\text{O}) = \nu(\text{Na}) : \nu(\text{O}) = \frac{32,4 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} : \frac{45,1 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 1,41 \text{ моль} : 2,82 \text{ моль} = 1 : 2$$

3. Приймаючи, що атомний фактор дорівнює 1, обчислити відносну атомну масу невідомого елемента.

$$w(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{спол.})} ;$$

$$w(\text{E}) = \frac{22,5 \text{ г}}{32,4 \text{ г} + 45,1 \text{ г} + 22,5 \text{ г}} = \frac{22,5 \text{ г}}{100 \text{ г}} = 0,225$$

$$\text{NaE}_x\text{O}_2 ; w(\text{E}) = \frac{n \cdot A_r}{M_r} ; A_r(\text{E}) - \text{відносна атомна маса невідомого елемента}$$

$$0,225 = \frac{x \cdot A_r(\text{E})}{23 + x \cdot A_r(\text{E}) + 2 \cdot 16} ; \quad 0,225 = \frac{x \cdot A_r(\text{E})}{55 + x \cdot A_r(\text{E})} ;$$

$$12,4 + 0,225x \cdot A_r(\text{E}) = x \cdot A_r(\text{E}) ;$$

$$12,4 = 0,775x \cdot A_r(\text{E}) ;$$

$$x \cdot A_r(\text{E}) = 16 ; A_r = \frac{16}{x} ;$$

при $x = 1$, $A_r(\text{E}) = 16$; Оксиген (елемент вже входить до складу сполуки);

при $x = 2$, $A_r(\text{E}) = 8$ – елемента не існує;

при $x = 3$, $A_r(\text{E}) = 5,33$ – елемента не існує.

4. Приймаючи, що атомний фактор дорівнює 2, обчислити відносну атомну масу невідомого елемента.

Якщо атомний фактор дорівнює 2, тоді $\text{Na}_2\text{E}_x\text{O}_4$;

$$w(E) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}; \quad A_r(E) - \text{відносна атомна маса невідомого елемента}$$

$$0,225 = \frac{x \cdot A_r(E)}{2 \cdot 23 + x \cdot A_r(E) + 4 \cdot 16}; \quad 0,225 = \frac{x \cdot A_r(E)}{110 + x \cdot A_r(E)};$$

$$24,75 + 0,225x \cdot A_r(E) = x \cdot A_r(E);$$

$$24,75 = 0,775x \cdot A_r(E);$$

$$x \cdot A_r(E) = 32; \quad A_r = \frac{32}{x};$$

При $x = 1$, $A_r(E) = 32$; E – S;

При $x = 2$, $A_r(E) = 16$; E – O (елемент вже входить до складу сполуки)

При $x = 3$, $A_r(E) = 10,6$; $A_r(B) = 10,8$; валентність Бору – 3, у сполуці валентність елемента – 4. Це – Сульфур.

5. Записати відповідь.

Відповідь: Na_2SO_4

Задачі для самостійного розв'язання

1 рівень (тренувальні завдання)

1. У зразку кальцій ортофосфату 3,2 г Оксигену. Визначте кількість речовини Фосфору в цьому зразку. (Відповідь: 0,05 моль)
2. Скільки грамів Фосфору буде вноситися в ґрунт з добривом амоній гідрофосфатом, що містить 42 г Нітрогену. (Відповідь: 46,5 г)
3. Маса суміші азоту і кисню дорівнює 6,44 г, а об'єм – 4,704 л (н.у.). В якому об'ємному співвідношенні знаходяться азот і кисень в газовій суміші? (Відповідь: 1:2)
4. Обчислити густину за воднем газової суміші, що містить 0,4 об'ємних частки вуглекислого газу, 0,3 об'ємних частки нітроген(I) оксиду і 0,3 об'ємних частки азоту. (Відповідь: 33)
5. Відносна густина газу за гелієм становить 8,5. Визначити масу 1 л (н.у.) цього газу. Яка його відносна густина за повітрям? (Відповідь: 1,52 г; 1,17))
6. Газова суміш містить водень і азот. Масові частки газів у цій суміші становлять відповідно 70 % і 30 %. Розрахуйте об'ємні частки (%) газів у суміші. (Відповідь: 97,03 % H_2 і 2,97 % N_2)
7. У скільки разів більше молекул міститься у 3,4 г азоту порівняно з 3,4 г сірководню? (Відповідь: 1,2 рази)
8. Кожен кубічний сантиметр повітря біля земної поверхні містить $2,7 \cdot 10^{19}$ молекул. Визначте масу 1 см^3 повітря. Вважайте, що повітря складається лише з азоту та кисню. (Відповідь: 1,29 мг)
9. Визначте середню молярну масу повітря, якщо до його складу входить 21 % кисню та 79 % азоту за об'ємом. (Відповідь: 28,84 г/моль)

10. Вуглеводень містить 82,76 % Карбону і 17,24 % Гідрогену за масою. Пара цього вуглеводню об'ємом 1,12 л (н.у.) має масу 2,9 г. Який це вуглеводень? (Відповідь: C_4H_{10})
11. Який вантаж (включаючи оболонку і оснащення) може нести аеростат об'ємом 1000 м^3 наповнений гелієм, якщо політ проходить за умов, близьких до нормальних? (Відповідь: 1116 кг)
12. У сплаві число атомів Купруму вдвічі більше від числа атомів Аргентуму. Обчисліть масову частку (%) Аргентуму в сплаві. (Відповідь: 45,76 %)
13. При спалюванні невідомої речовини одержали 2,64 г карбон(IV) оксиду, 1,62 г води та 1,92 г сульфур(IV) оксиду. Визначте найпростішу формулу речовини, знаючи, що Оксиген у ній відсутній. (Відповідь: C_2H_5SH)
14. Пічний попіл містить цінне калійне добриво – поташ, хімічна формула якого K_2CO_3 . Масова частка поташу в попелі становить 40 %. На певну ділянку поля потрібно внести 15,6 кг Калію. Яку масу пічного попелу потрібно для цього використати? (Відповідь: 345,5 кг)
15. Густина рідкого кисню $1,14\text{ г/см}^3$ при -183°C . У скільки разів в результаті переходу кисню з рідкого стану в газоподібний збільшиться його об'єм? (Відповідь: в 798 рази)

2 рівень (завдання для самоконтролю)

1. Визначте об'ємні частки газів у суміші агрону, водню та азоту з середньою молярною масою 23 г/моль, якщо вона містить однакові об'єми агрону та азоту.
2. При спалюванні в надлишку кисню 14,8 г невідомої органічної сполуки утворилося 17,82 л (н.у.) карбон(IV) оксиду та 18 г води. Густина пари речовини за воднем становить 37.
3. Для фарбування тканин, дублення шкір використовують галуни – подвійні солі сульфатної кислоти. Скільки молекул кристалізаційної води входить до складу такої солі $KAl(SO_4)_2 \cdot xH_2O$, якщо масова частка Оксигену в ній складає 67,51 %?
4. Визначити об'ємний склад (в %) газової суміші, що містить карбон(II) оксид і повітря, якщо її густина 5,8 г/л при $t = 27^\circ\text{C}$ і тиску 5 атм.
5. Масові частки Алюмінію і Магнію в земній корі дорівнюють відповідно 8,8 % і 2,3 %. У скільки разів у земній корі атомів Алюмінію більше ніж атомів Магнію?
6. Скільки атомів Оксигену міститься в суміші об'ємом 2,8 л (н.у.) карбон(IV) та сульфур(IV) оксиду?
7. Відносна густина пари невідомої речовини за повітрям становить 1,1. При спалюванні певної маси утворилося 0,27 г води та 168 мл азоту (н.у.). Визначте молекулярну формулу речовини.

8. Речовина певної маси містить 30 г металічного елемента, 3 г Гідрогену, 46,5 г Фосфору та 96 г Оксигену. Визначте формулу цієї речовини.
9. Знайдіть формулу кристалогідрату натрій карбонату, якщо після нагрівання його маса зменшилася з 14,3 г до 5,3 г.
10. В якій масі ферум(III) оксиду міститься стільки атомів обох елементів, скільки їх міститься в 40 г ферум(III) сульфату?
11. Маса суміші кисню і азоту дорівнює 59,2 г, а об'єм 47,04 л. Скільки молекул азоту припадає на одну молекулу кисню?
12. Спеціальну посудину по черзі заповнюють газами і зважують за однакових умов. Маса її з озоном, агроном і невідомим газом становить відповідно 74,0 г, 4,75 г та 76,2 г. Визначте молекулярну масу невідомого газу.

3 рівень

(завдання різних етапів Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії)

1. Мінерал фторапатит і емаль зубів містять Флуор у вигляді сполуки, склад якої: 42,33 % P_2O_5 , 50,03 % CaO і 7,74 % CaF_2 . Встановіть хімічну формулу сполуки.
2. Селітрами називають розчинні солі нітратної кислоти та лужних або лужноземельних металів. Встановіть формули індійської, чилійської та норвезької селітр, якщо масова частка Нітрогену в них дорівнює 0,1386, 0,1647 та 0,1707 відповідно.
3. При спалюванні в надлишку кисню 3,1 г аміну утворилося 17,6 г карбон(IV) оксиду, 18 г води та 4,48 л (н.у.) азоту. Густина пари речовини за воднем становить 15,5.
4. Визначте невідомі гази А і В за такими відомостями: сума їх молярних мас дорівнює 72 г/моль; в суміші А і В об'ємна та масова частки речовини А відповідно дорівнюють 0,175 та 0,250.
5. Зразок кристалогідрату купрум(II) сульфату, забруднений калій сульфатом, містить 25,1 г Купруму і 35,3 г води. Встановіть формулу кристалогідрату. Обчисліть вміст домішок калій сульфату у зразку кристалогідрату.
6. Мінерал Х є алюмосилікатом та містить двохвалентний елемент, атомну масу якого уточнювали під наполяганням Д.І. Менделєєва. В 100 г мінералу, які складають 18,6 % його молярної маси, міститься $2,0 \cdot 10^{24}$ атомів Оксигену, а кількість атомів Алюмінію та Силіцію співвідносяться як 1:3. Встановіть формулу мінералу.
7. При повному термічному розкладі 46,4 г оксиду невідомого металічного елемента він втрачає 6,9 % маси. Визначте формулу оксиду.
8. Визначте формулу сполуки, яка містить металічний елемент та ще 3 відомі хімічні елементи – Гідроген, Оксиген та Сульфур. Масове співвідношення між елементами: $Me : H : O : S = 11,7 : 2,8 : 35,2 : 6,4$.

Приклади розв'язування ускладнених задач

9. Яка маса міді, якщо в ній міститься 1 г електронів (маса електрона становить 1/1840 а.о.м)

Дано:	Розв'язання
$m(e) = 1 \text{ г}$	1. $m_e = 1/1840 \text{ а.о.м}; 1 \text{ а.о.м.} = 1/12 m_a(^{12}\text{C});$ $m(e) = m_e \cdot N_A; M(e) = \frac{1}{1840} = \text{г/моль}$
	2. $\nu(e) = \frac{1 \text{ г}}{\frac{1}{1840} \text{ г/моль}} = 1840 \text{ моль}$
$m(\text{Cu}) - ?$	3. 1 атом Купрума містить 29 е $\nu(e) = 29 \nu(\text{Cu}); \chi(\text{Cu}) = \frac{\nu(e)}{29}$ $\nu(\text{Cu}) = \frac{1840 \text{ моль}}{29} = 63,45 \text{ моль};$
	4. $m(\text{Cu}) = 63,45 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 4060,8 \text{ г}$
	Відповідь: 4060,8 г міді

Приклад позааудиторної контрольної роботи для перевірки знань з теми

Інструкція для виконання позааудиторної контрольної роботи

Після самостійного виконання переважної більшості запропонованих вище задач з теми необхідно виконати контрольну роботу № 2 (КР-2). Вона включає 6 завдань, розрахованих на 3 години. Бажано з завданнями КР-2 ознайомитися безпосередньо при її написанні, що дає можливість перевірити свої знання та вміння в умовах близьких до проведення екзамену чи заліку. Під час контрольної роботи користуватися засобами, що містять підказки неможна. Ви успішно справитесь з контрольними завданнями, якщо систематично, наполегливо працювали. Контрольну роботу необхідно виконати в окремому зошиті і здати вчасно викладачу для перевірки.

Контрольна робота № 2 (КР-2)

Варіант I

1. Цирконію у земній корі міститься вдвічі більше за масою, ніж Нітрогену. Атомів якого з цих елементів менше й у скільки разів?

- Після нагрівання мідного порошку, на повітрі маса збільшилась до 20 г, а масова частка купрум(II) оксиду в добутій його суміші з металом становила 4,0 %. Знайдіть масу порошку взятого для досліду.
- Обчисліть масу 1 л суміші газів, що містить карбон(II) оксид, карбон(IV) оксид та азот, масові частки яких становлять відповідно 10 %, 30 % і 60 %.
- Відносна густина за повітрям суміші нітроген(I) оксиду і нітроген(II) оксиду становить 1,2. Обчисліть масові частки газів у суміші.
- Яка маса кристалогідрату $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ містить стільки води, скільки її входить до складу мідного купоросу масою 10 г?
- В результаті досліду виділилося 0,1 моль водню. Площа лабораторії 18 м², висота 3 м. Чи можна запалити спиртівку, якщо суміш повітря з воднем вибухає при об'ємній частці водню 4%. Температура в лабораторії 22 °С, тиск 101,3 кПа.

Варіант II

- Відомо, що повітря містить 75,5 % азоту, 23 % кисню, 1,3 % аргону та 0,05 % вуглекислого газу за масою. Атомів якого елементу у повітрі найбільше.
- Кальцій ціанамід використовують як добриво, гербіцид (як засіб для боротьби з бур'янами) і дефоліант (засіб, що сприяє опаданню листя). За складом – це сполука, що містить Кальцій, Карбон і Нітроген. Виведіть формулу кальцій ціанаміду, якщо половина маси в ньому припадає на Кальцій, а відношення мас Карбону і Нітрогену становить 3 : 7.
- Густини двох бінарних газуватих сполук однакові і становлять 1,96 г/л. Масова частка Оксигену в першому газі – 36,36 %, а в другому – 72,73 %. Знайдіть формули сполук.
- Відносна густина суміші водню, амоніаку і неону за повітрям становить 0,555. Об'ємна частка неону в суміші дорівнює 20 %. Знайдіть об'ємні і масові частки газів у суміші.
- Забруднений зразок кристалогідрату $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ містить (за масою) 21,6 % Кальцію і 19,44 % води. Виведіть формулу кристалогідрату і обчисліть масову частку домішок в ньому.
- В якій кількості речовини ферум(III) хлориду міститься стільки атомів елементів, скільки їх міститься в 40 г ферум(III) сульфату.

Варіант III

- Залізо утворює декілька сполук з карбон(II) оксидом (карбоніли). Одна з них містить 33,33 % Fe, 28,57 % C, 38,10 % O. Визначте формулу речовини, якщо при розкладі 0,1 моль її можна одержати 18,8 г заліза.

2. В якій кількості речовини фенолу міститься таке саме число атомів Карбону, що й в етиловому спирті масою 6,9 г.
3. Після повного зневоднення 5 г суміші $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ та $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ її маса зменшилась до 3 г. Знайдіть масову частку в відсотках (з точністю до цілих) мідного купоросу в суміші.
4. Формула сполуки містить метал, Гідроген, Сульфур та Оксиген у масовому співвідношенні 10 : 1 : 8 : 24. Визначте формулу сполуки.
5. Забруднений зразок кристалогідрату $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ містить (за масою) 34,08 % йонів Cl^- і 34,56 % води. Виведіть формулу кристалогідрату й обчисліть масову частку домішок у ньому.
6. Масові частки Оксигену в оксидах А і Б однакові і становлять 0,4. З водою реагує лише оксид А (перетворення відбувається неповністю); продуктом реакції є малорозчинна основа. Оксиди утворені елементами 3-го і 4-го періодів. Відношення молярних мас оксидів дорівнює 1:2. Назвіть елементи і формули оксидів А і Б.

Розділ 3. Розчини. Обчислення концентрації розчинів

Актуалізація опорних знань та умінь

1. Суміш – це декілька індивідуальних речовин, які не здатні до хімічної взаємодії за умов, в яких знаходяться.

За агрегатним станом розрізняють суміші: *газові, рідкі, тверді*.

2. Розчин – це однорідна суміш або система, яка складається з декількох компонентів.

Компоненти розчину – розчинник і розчинена речовина.

Розчинник – це речовина, яка не змінює агрегатного стану при утворенні розчину. Якщо при утворенні розчину обидві речовини не змінюють агрегатного стану, то розчинником вважається та речовина, якої більше.

3. Кристалогідрати – сполуки, що містять у своєму складі кристалізаційну воду. Тобто, це кристалічні речовини, до складу яких входить певне число молекул води.

Приклади кристалогідратів: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – купрум(II) сульфат пентагідрат (мідний купорос); $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – ферум(II) сульфат гептагідрат (залізний купорос).

4. Густина розчину (ρ) – відношення маси розчину до його об'єму.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Одиниці вимірювання густини розчину: г/см^3 ; г/мл ; кг/дм^3 ; кг/л .

$$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1,00 \text{ г/мл} = 1,00 \text{ кг/л (при } 4^\circ\text{C)};$$

5. Концентрація розчину – кількісна характеристика складу розчину, яка визначає вміст розчиненої речовини (в певних одиницях) в одиниці маси або об'єму розчину.

Основні поняття, формули та розрахунки

1. Масова частка розчиненої речовини (w) – це відношення маси розчиненої речовини до маси розчину.

$$w = \frac{m(\text{p.p.})}{m(\text{p} - \text{ну})}, \quad w \% = \frac{m(\text{p.p.})}{m(\text{p} - \text{ну})} \cdot 100 \% , \text{ де}$$

$m(\text{p.p.})$ – маса розчиненої речовини, г;

$m(\text{p-ну})$ – маса розчину, г

Маса розчину дорівнює сумі мас розчиненої речовини і розчинника.

$$m(\text{p-ну}) = m(\text{p.p.}) + m(\text{H}_2\text{O})$$

Розчинником можуть бути різні речовини (вода, спирт, ацетон, бензен, толуен, хлороформ). Найбільш поширений, універсальний розчинник – вода.

2. Обчислення масової частки розчиненої речовини при розбавленні розчину розчинником:

$$w = \frac{m(\text{p.p.})}{m(\text{p} - \text{ну}) + m(\text{H}_2\text{O})}$$

3. Обчислення масової частки розчиненої речовини при змішуванні двох розчинів:

$$w = \frac{m_1(\text{p.p.}) + m_2(\text{p.p.})}{m_1(\text{p} - \text{ну}) + m_2(\text{p} - \text{ну})}$$

$$w = \frac{m_1(\text{p} - \text{ну}) \cdot w_1 + m_2(\text{p} - \text{ну}) \cdot w_2}{m_1(\text{p} - \text{ну}) + m_2(\text{p} - \text{ну})}$$

4. Обчислення маси розчину через об'єм і густину: $m_{\text{р-ну}} = V \cdot \rho$

5. Перерахунок об'єму розчину на масу розчину та масу розчиненої речовини і навпаки:

$$\begin{array}{lcl} m(\text{розчину}) = V \cdot \rho & & m(\text{p.p.}) = m(\text{розчину}) \cdot w \\ V \leftrightarrow m(\text{розчину}) & \leftrightarrow & m(\text{p.p.}) \\ V = \frac{m(\text{розчину})}{\rho} & & m(\text{розчину}) = \frac{m(\text{p.p.})}{w} \end{array}$$

3.1. Обчислення масової частки розчиненої речовини у розчині

1. Визначте масову частку розчиненої речовини у розчині, утвореному з 20 г натрій гідроксиду і 180 г води.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{NaOH}) = 20 \text{ г}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 180 \text{ г}$ $w(\text{NaOH}) = ?$	1. Для розрахунку масової частки розчиненої речовини у розчині необхідно використати формулу: $w = \frac{m(\text{p.p.})}{m(\text{p} - \text{ну})}$ 2. В цій формулі невідома маса розчину, яку знайдемо за формулою $m(\text{p-ну}) = m(\text{p.p.}) + m(\text{H}_2\text{O})$; 3. Обчислимо масу розчину. $m(\text{p-ну}) = 20 \text{ г} + 180 \text{ г} = 200 \text{ г}$ 4. Обчислимо масову частку розчиненої речовини в розчині $w(\text{NaOH}) = \frac{20 \text{ г}}{200 \text{ г}} = 0,1$
	Відповідь: $w(\text{NaOH}) = 0,1$

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

2. Визначте масу розчину отрофосфатної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 0,2, в якому міститься 40 г кислоти.

Алгоритм розв'язування

1. Записати формулу масової частки розчиненої речовини у розчині.

$$w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{розчину})}$$

2. Виразити з цієї формули масу розчину.

$$m(\text{р-ну}) = \frac{m(\text{р.р.})}{w}$$

3. Обчислити масу розчину.

$$m(\text{р-ну}) = \frac{40 \text{ г}}{0,2} = 200 \text{ г}$$

Відповідь: 200 г розчину

3. Визначте масу води для приготування розчину калій нітрату KNO_3 з масовою часткою солі 0,2, в якому міститься 50 г KNO_3 .

Орієнтовні дії

I спосіб

Виходячи з формули масової частки розчиненої речовини у розчині, визначити масу розчину, від якої відняти масу розчиненої речовини.

Відповідь: 200 г H_2O

II спосіб (алгебраїчний)

Позначити масу води за x грамів, виразити масу розчину і з формули масової частки розчиненої речовини у розчині знайти x .

Відповідь: 200 г H_2O

Задачі для самостійного розв'язування

1. Яку масу води і натрій гідроксиду NaOH необхідно взяти для приготування 150 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 15 %. (Відповідь: 22,5 г NaOH ; 127,5 г H_2O)
2. В якій масі води необхідно розчинити 1,8 г натрій хлориду NaCl , щоб отримати фізіологічний розчин з масовою часткою натрій хлориду 0,09 %. (Відповідь: 1998,2 г H_2O)
3. Яку масу калій хлориду слід розчинити в 200 г води, щоб отримати розчин з масовою часткою калій хлориду 2 %. (Відповідь: 4,08 г KCl)

3.2. Обчислення масової частки розчиненої речовини у розчині, утвореному при додаванні або випаровуванні розчинника, додаванні розчиненої речовини до розчину

1. До 300 г 5 %-ного розчину натрій гідроксиду додали 200 г води. Визначте масову частку розчиненої речовини в отриманому розчині.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$m(\text{р-ну}) = 300 \text{ г}$ $w_1(\text{NaOH}) = 0,05$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г}$	Для розрахунку масової частки розчиненої речовини в утвореному розчині необхідно визначити масу розчиненої речовини у вихідному розчині та масу утвореного розчину. 1. Для розрахунку маси розчиненої речовини в вихідному розчині необхідно з формули $w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р-ну})} \text{ виразити } m(\text{р.р.}).$ $m(\text{р.р.}) = m(\text{р-ну}) \cdot w;$ $m(\text{NaOH}) = 300 \text{ г} \cdot 0,05 = 15 \text{ г}$ 2. Визначити масу утвореного розчину. $m(\text{р-ну}) = 300 \text{ г} + 200 \text{ г} = 500 \text{ г}$ 3. Обчислити масову частку розчиненої речовини в утвореному розчині. $w_2(\text{NaOH}) = \frac{15 \text{ г}}{500 \text{ г}} = 0,03$ Відповідь: $w_2(\text{NaOH}) = 0,03$

2. Розчин масою 300 г з масовою часткою NaOH 5 % випарили до маси 200 г. Якою є масова частка (%) натрій гідроксиду у розчині після випаровування?

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$m_1(\text{р-ну}) = 300 \text{ г}$ $w_{\%1}(\text{NaOH}) = 5 \%$ $m_2(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$	1. Визначимо масу натрій гідроксиду в початковому розчині: $m(\text{р.р.}) = \frac{m(\text{розчину}) \cdot w_{\%}}{100\%};$ $m_1(\text{NaOH}) = \frac{300 \text{ г} \cdot 5\%}{100\%} = 15 \text{ г}$ 2. Обчислимо масову частку натрій гідроксиду у випареному розчині: $w_{\%2}(\text{NaOH}) = \frac{15 \text{ г}}{200 \text{ г}} \cdot 100\% = 7,5 \%$ Відповідь: $w_{\%2}(\text{NaOH}) = 7,5 \%$.

3. Визначте масу натрій нітрату, яку треба розчинити в 240 г 10 %-ного розчину натрій нітрату, щоб утворився розчин з масовою часткою розчиненої речовини 0,2.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{р-ну}) = 240 \text{ г}$ $w_{\%1} = 10 \%$ $w_2 = 0,2$	І спосіб Запишемо формулу для обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині. $w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р} - \text{ну})} \quad w_1 = \frac{m(\text{NaNO}_3) + m_1(\text{NaNO}_3)}{m_1(\text{NaNO}_3) + m(\text{р} - \text{ну})}$ Позначимо $m_1(\text{NaNO}_3)$ за x г, тоді $0,2 = \frac{240 \cdot 0,1 + x}{x + 240}$ $0,2x + 48 = 24 + x$ $24 = 0,8x \quad x = 30 \quad m_1(\text{NaNO}_3) = 30 \text{ г}$ Відповідь: 30 г NaNO_3 II спосіб $m(\text{р.р.}) = m(\text{р-ну}) \cdot w;$ $m(\text{NaNO}_3) = 240 \text{ г} \cdot 0,1 = 24 \text{ г}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 240 \text{ г} - 24 \text{ г} = 216 \text{ г}$ $w(\text{H}_2\text{O}) = 1 - 0,2 = 0,8$ $m_1(\text{р} - \text{ну}) = \frac{216 \text{ г}}{0,8} = 270 \text{ г}$ $m(\text{NaNO}_3) = 270 \text{ г} - 240 \text{ г} = 30 \text{ г}$ Відповідь: 30 г NaNO_3
$m_1(\text{NaNO}_3) - ?$	

4. Визначте масу ортофосфатної кислоти та її 10 %-ного розчину, які необхідні для виготовлення 270 г розчину з масовою часткою ортофосфатної кислоти 0,2.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{р-ну})_2 = 270 \text{ г}$ $w_2 = 0,2$ $w_{\%1} = 10 \%$	І спосіб Позначимо $m_1(\text{H}_3\text{PO}_4)$ за x г, тоді маса 10 % розчину H_3PO_4 становитиме $(270 - x)$ г. Підставимо відповідні значення у розгорнуту формулу для визначення масової частки розчиненої речовини у розчині. $0,2 = \frac{x + (270 - x) \cdot 0,1}{270}$ $54 = 0,9x + 27$ $x = 30 \quad m_1(\text{H}_3\text{PO}_4) = 30 \text{ г}$ Відповідь: 30 г H_3PO_4
$m(\text{H}_3\text{PO}_4) - ?$ $m(\text{р-ну})_1 - ?$	

II спосіб

1. $m(p.p.) = m(p-ну) \cdot w$;
 $m(H_3PO_4) = 270 \text{ г} \cdot 0,2 = 54 \text{ г}$
2. $m(H_2O) = 270 \text{ г} - 54 \text{ г} = 216 \text{ г}$
3. $w_1(H_2O) = 100 \% - 10 \% = 90 \%$
4. $m_1(p-ну) = \frac{216 \text{ г}}{0,9} = 240 \text{ г}$
5. $m_1(H_3PO_4) = 240 \text{ г} \cdot 0,1 = 24 \text{ г}$
6. $\Delta m(H_3PO_4) = 54 \text{ г} - 24 \text{ г} = 30 \text{ г}$

Відповідь: 30 г H_3PO_4

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

5. З 500 г розчину натрій хлориду з масовою часткою розчиненої речовини 0,1 випарили 100 г води. Визначте масову частку розчиненої речовини в утвореному розчині.

Алгоритм розв'язування

1. Обчислити масу розчиненої речовини у вихідному розчині.
 $m(p.p.) = m(p-ну) \cdot w$;
 $m(p.p.) = 500 \text{ г} \cdot 0,1 = 50 \text{ г}$
2. Обчислити масу утвореного розчину.
 $m_2(p-ну) = m_1(p-ну) - m(H_2O)$
 $m_2(p-ну) = 500 \text{ г} - 100 \text{ г} = 400 \text{ г}$
3. Обчислити масову частку розчиненої речовини в утвореному розчині.

$$w = \frac{m(p.p.)}{m(p-ну)} ; \quad w = \frac{50 \text{ г}}{400 \text{ г}} = 0,125$$

Відповідь: $w(NaCl) = 0,125$ або 12,5 %

6. Визначте масу води, яку треба додати до 200 г 10 %-ного розчину натрій гідроксиду NaOH, щоб одержати розчин з масовою часткою 5 %.

Орієнтовні дії

Виходячи з формули масової частки розчиненої речовини у розчині, визначити масу розчиненої речовини. Знайти, в якій масі 5 %-ного розчину буде міститися визначена маса розчиненої речовини. За різницею мас кінцевого та вихідного розчинів знайти масу води.

Відповідь: $m(H_2O) = 200 \text{ г}$

7. Яку масу калій гідроксиду необхідно розчинити в 400 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 0,1, щоб отримати 14,3 % розчин лугу.

Орієнтовні дії

Позначити масу калій гідроксиду за x і підставити відповідні значення у розгорнуту формулу визначення масової частки розчиненої речовини в розчині.

Відповідь: $m(KOH) = 20 \text{ г}$

Задачі для самостійного розв'язування

1. До 450 г 10 %-ного розчину калій нітрату KNO_3 додали 50 г KNO_3 . Визначте масову частку розчиненої речовини калій нітрату в утвореному розчині. (Відповідь: 0,19 або 19 %)
2. Яку масу ортофосфатної кислоти H_3PO_4 необхідно додати до 150 г 8 %-ного розчину кислоти, щоб отримати 15 %-ний розчин H_3PO_4 . (Відповідь: 12,35 г H_3PO_4)
3. Яку масу води необхідно додати до 625 г розчину нітратної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 0,4, щоб утворився розчин з масовою часткою кислоти 10 %. (Відповідь: 1875 г H_2O)
4. Визначте масу калій хлориду та масу розчину з масовою часткою калій хлориду 0,06, необхідних для приготування 240 г 15 % розчину калій хлориду. (Відповідь: 30 г KCl та 210 г 6 % розчину)

3.5. Обчислення масової частки розчиненої речовини у розчині, утвореному при змішуванні декількох розчинів

1. Визначте масову частку розчиненої речовини натрій гідроксиду NaOH у розчині, утвореному при змішуванні 200 г 10 %-ного розчину натрій гідроксиду і 150 г 40 %-ного розчину натрій гідроксиду.

Дано:

$$\begin{aligned} m_1(\text{р-ну}) &= 200 \text{ г} \\ m_2(\text{р-ну}) &= 150 \text{ г} \\ w_1(\text{NaOH}) &= 0,1 \\ w_2(\text{NaOH}) &= 0,4 \end{aligned}$$

$$w_3(\text{NaOH}) = ?$$

Розв'язання:

Для розрахунку масової частки розчиненої речовини в утвореному розчині необхідно визначити маси розчиненої речовини у першому та другому вихідних розчинах та масу утвореного розчину.

1. Для розрахунку маси розчиненої речовини у вихідних розчинах необхідно з формули

$$w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р} - \text{ну})} \quad \text{виразити } m(\text{р.р.}).$$

$$m(\text{р.р.}) = m(\text{р-ну}) \cdot w;$$

$$m_1(\text{NaOH}) = 200 \text{ г} \cdot 0,1 = 20 \text{ г}$$

$$m_2(\text{NaOH}) = 150 \text{ г} \cdot 0,4 = 60 \text{ г}$$

2. Визначаємо масу утвореного розчину.

$$m_3(\text{р-ну}) = 200 \text{ г} + 150 \text{ г} = 350 \text{ г}$$

3. Обчислюємо масу розчиненої речовини в утвореному розчині.

$$m_3(\text{NaOH}) = 20 \text{ г} + 60 \text{ г} = 80 \text{ г}$$

4. Обчислимо масову частку розчиненої речовини в утвореному розчині.

$$w_3(\text{NaOH}) = \frac{80 \text{ г}}{350 \text{ г}} = 0,228$$

Відповідь: $w_3(\text{NaOH}) = 0,228$

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

2. Визначте масову частку розчиненої речовини сульфатної кислоти H_2SO_4 у розчині, утвореному при змішуванні 300 г 15 %-ного розчину сульфатної кислоти і 200 г 50 %-ного розчину H_2SO_4 .

Алгоритм розв'язування

1. Формулу для обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині

$$w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р} - \text{ну})}$$

записати для випадку змішування двох розчинів:

$$w = \frac{m_1(\text{р.р.}) + m_2(\text{р.р.})}{m_1(\text{р} - \text{ну}) + m_2(\text{р} - \text{ну})}$$

2. Записати формули для обчислення маси розчиненої речовини у першому та у другому розчині.

$$m_1(\text{р.р.}) = m_1(\text{р-ну}) \cdot w_1; \quad m_2(\text{р.р.}) = m_2(\text{р-ну}) \cdot w_2;$$

3. Записати формулу для обчислення маси утвореного розчину.

$$m_3(\text{р-ну}) = m_1(\text{р-ну}) + m_2(\text{р-ну});$$

4. Записати формулу для обчислення масової частки розчиненої речовини в утвореному розчині.

$$w = \frac{m_1(\text{р} - \text{ну}) \cdot w_1 + m_2(\text{р} - \text{ну}) \cdot w_2}{m_1(\text{р} - \text{ну}) + m_2(\text{р} - \text{ну})}$$

6. Підставити відповідні значення у виведену формулу.

7. Зробити розрахунки та записати відповідь.

Відповідь: $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,29$ або 29 %

3. Визначте маси 15 %-ного та 50 %-ного розчинів H_2SO_4 , необхідних для одержання 500 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 0,29.

Орієнтовні дії

Вивести формулу для визначення масової частки розчиненої речовини у розчині, отриманому змішуванням двох розчинів. Масу першого розчину $m_1(\text{р-ну})$ позначити за x г, маса другого розчину $m_2(\text{р-ну})$ дорівнює $(500 - x)$ г. Маса отриманого розчину згідно з умовою – 500 г. Скласти рівняння з одним невідомим та визначити x .

Відповідь: $m_1(\text{р-ну}) = 300 \text{ г}$; $m_2(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$

Задачі для самостійного розв'язування

1. Яку масу 30 %-ного розчину нітратної кислоти HNO_3 треба додати до 250 г 5 %-ного розчину цієї ж кислоти, щоб отримати 25 %-ний розчин HNO_3 .
(Відповідь: 1000 г розчину)
2. В якому масовому співвідношенні необхідно змішати 10 %-ний розчин сульфатної кислоти H_2SO_4 і 75 %-ний розчин цієї ж кислоти, щоб одержати 1000 г акумуляторної кислоти (25 %-ний розчин H_2SO_4). (Відповідь: $m_1(\text{р-ну}) = 770 \text{ г}$; $m_2(\text{р-ну}) = 230 \text{ г}$)
3. В якому масовому співвідношенні необхідно змішати 5 %-ний і 15 %-ний розчини натрій гідроксиду, щоб одержати 7 %-ний розчин лугу. (Відповідь: 8 масових частин 5 % ного розчину і 2 масових частини 15 % ного розчину).

3. 4. Обчислення масової частки розчиненої речовини у розчині, утвореному при змішуванні декількох розчинів певних об'ємів

1. Визначте масову частку розчину, утвореного при змішуванні 200 г 10 %-ного розчину NaOH і 150 мл води.

Дано:

$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$
 $w_1(\text{NaOH}) = 0,1$
 $V(\text{H}_2\text{O}) = 150 \text{ мл}$

Розв'язання:

Для розрахунку масової частки розчиненої речовини в утвореному розчині необхідно визначити масу розчиненої речовини та масу розчину. Для розрахунку маси розчину необхідно перевести об'єм води у масу за формулою:

$w_2(\text{NaOH}) - ?$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

1. Для розрахунку маси розчиненої речовини в розчині необхідно з формули

$$w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р-ну})} \text{ виразити } m(\text{р.р.}).$$

$$m(\text{р.р.}) = m(\text{р-ну}) \cdot w;$$

$$m_1(\text{NaOH}) = 200 \text{ г} \cdot 0,1 = 20 \text{ г}$$

2. Обчислюємо масу води

$$m = V \cdot \rho; \quad \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 150 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 150 \text{ г};$$

3. Визначаємо масу утвореного розчину.

$$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г} + 150 \text{ г} = 350 \text{ г}$$

4. Обчислимо масову частку розчиненої речовини в утвореному розчині.

$$w_2(\text{NaOH}) = \frac{20 \text{ г}}{350 \text{ г}} = 0,057$$

Відповідь: $w_2(\text{NaOH}) = 0,057$ або 5,7 %

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

2. Визначте масову частку розчину, утвореного при змішуванні 200 мл 10 %-ного розчину натрій гідроксиду густиною 1,11 г/мл, і 150 мл 40 %-ного розчину натрій гідроксиду густиною 1,43 г/мл.

Алгоритм розв'язування

1. Формулу для обчислення масової частки розчиненої речовини

$w = \frac{m(\text{p.p.})}{m(\text{p} - \text{ну})}$ записати для випадку змішування двох розчинів:

$$w = \frac{m_1(\text{p.p.}) + m_2(\text{p.p.})}{m_1(\text{p} - \text{ну}) + m_2(\text{p} - \text{ну})}$$

2. Записати формулу для обчислення маси розчину за об'ємом та густиною.

$$m = V \cdot \rho$$

3. Записати формулу для обчислення маси розчиненої речовини у масі розчину.

$$m(\text{p.p.}) = m(\text{p-ну}) \cdot w;$$

4. Записати формулу для обчислення маси розчиненої речовини у об'ємі розчину.

$$m(\text{p.p.}) = V \cdot \rho \cdot w;$$

5. Записати формулу для обчислення маси розчиненої речовини у першому та другому розчинах:

$$m_1(\text{p.p.}) = V_1 \cdot \rho_1 \cdot w_1; \quad m_2(\text{p.p.}) = V_2 \cdot \rho_2 \cdot w_2$$

6. Записати формулу для обчислення маси утвореного розчину.

$$m_3(\text{p-ну}) = m_1(\text{p-ну}) + m_2(\text{p-ну}); \quad m_3(\text{p-ну}) = V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2$$

7. Записати формулу для обчислення масової частки розчиненої речовини в утвореному розчині.

$$w_3 = \frac{V_1 \cdot \rho_1 \cdot w_1 + V_2 \cdot \rho_2 \cdot w_2}{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2}$$

8. Підставити відповідні значення у виведену формулу та провести розрахунки.

Відповідь: $w(\text{NaOH}) = 0,2475$ або 24,75 %

3. Визначте об'єм 10 %-ного розчину натрій гідроксиду густиною 1,11 г/см³, який необхідно змішати з 150 мл води, щоб одержати розчин з масовою часткою розчиненої речовини 6 %.

Орієнтовні дії

Позначити масу 10 %-ного розчину натрій гідроксиду за x г. Обчислити масу води. Виразити масу розчиненої речовини та масу розчину і підставити їх у формулу масової частки розчиненої речовини у розчині. Об'єм розчину розрахувати за його масою і густиною.

Відповідь: 207 мл розчину

Задачі для самостійного розв'язування

1. Визначте масову частку хлороводню в розчині, одержаному при доливанні 1500 мл води до 2 л хлоридної кислоти ($\rho = 1,19$ г/мл) з масовою часткою хлороводню 0,38. (Відповідь: 23,3 %)
2. Визначте масову частку розчиненої речовини у розчині, який утвориться при змішуванні 400 г хлоридної кислоти з масовою часткою хлороводню 0,1 та 200 мл хлоридної кислоти з масовою часткою хлороводню 0,3 ($\rho = 1,149$ г/мл). (Відповідь: 17,3 %)
3. Змішали 200 мл розчину калій гідроксиду з масовою часткою лугу 20 % ($1,173$ г/см³) і 500 мл розчину цієї ж речовини з масовою часткою розчиненої речовини 40 % ($1,408$ г/см³). Визначте масову частку (%) лугу в одержаному розчині. (Відповідь: 35 %)
4. Визначте об'єм 10 %-ного розчину натрій гідроксиду, густиною $1,11$ г/мл, який необхідно змішати з 150 мл 40 %-ного розчину натрій гідроксиду густиною $1,43$ г/мл, щоб одержати розчин з масовою часткою розчиненої речовини 20 %. (Відповідь: 386,5 мл розчину)
5. В якому об'ємному співвідношенні необхідно змішати 10 %-ний розчин натрій гідроксиду, густиною $1,11$ г/мл, і 40 %-ний, густиною $1,43$ г/мл, щоб одержати 350 г 25 %-ного розчину лугу. (Відповідь: 157,6 мл 10 %-ного розчину і 122,4 мл 40 %-ного розчину)

3.5. Обчислення масової частки розчиненої речовини у розчині, утвореному при розчиненні газу

1. В 73 мл води розчинили 11,2 л (н.у.) хлороводню. Визначте масову частку (%) хлороводню в отриманому розчині. Обчисліть об'єм отриманої хлоридної кислоти, густина розчину $1,097$ г/мл.

Дано:	Розв'язання:
$V(\text{H}_2\text{O}) = 73 \text{ мл}$	Для розрахунку масової частки розчиненої речовини в утвореному розчині необхідно визначити масу розчиненої речовини та масу розчину.
$V(\text{HCl}) = 11,2 \text{ л}$	1. Для розрахунку маси розчиненої речовини в розчині необхідно з формули
$\rho(\text{р-ну}) = 1,097 \text{ г/мл}$	$\frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} \text{ вивести } m \text{ та підставити значення}$
	$m = \frac{M \cdot V}{V_m}; m(\text{HCl}) = \frac{36,5 \text{ г/моль} \cdot 11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 18,25 \text{ г}$
$w(\text{HCl}) - ?$	2. Визначаємо масу води
$V(\text{р-ну}) - ?$	$m = V \cdot \rho; \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл};$
	$m(\text{H}_2\text{O}) = 73 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 73 \text{ г}$
	3. Визначаємо масу утвореного розчину.
	$m(\text{р-ну}) = 73 \text{ г} + 18,25 \text{ г} = 91,25 \text{ г}$
	4. Обчислимо масову частку розчиненої речовини в утвореному розчині.
	$w_2 = \frac{18,25 \text{ г}}{91,25 \text{ г}} = 0,057$
	5. Визначаємо об'єм отриманої хлоридної кислоти.
	$V = \frac{m}{\rho}; V = \frac{91,25 \text{ г}}{1,097 \text{ г/мл}} = 83,18 \text{ мл}$
	Відповідь: $w(\text{HCl}) = 0,2; V(\text{р-ну}) = 83,18 \text{ мл}$

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

2. У воді об'ємом 500 мл розчинили 800 мл амоніаку (н.у.). Визначте масову частку амоніаку (%) в одержаному розчині.

Алгоритм розв'язування

1. Обчислити кількість речовини газу.

$$v = \frac{V}{V_m}; v(\text{NH}_3) = \frac{0,8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,036 \text{ моль}$$

2. Обчислити масу газу.

$$m = v \cdot M; m(\text{NH}_3) = 0,036 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 0,612 \text{ г}$$

3. Обчислити масу води.

$$m = V \cdot \rho; \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 500 \text{ г}$$

4. Обчислити масу розчину.

$$m(\text{р-ну}) = m(\text{р.р.}) + m(\text{H}_2\text{O}); \quad m(\text{р-ну}) = 0,612 \text{ г} + 500 \text{ г} = 500,612 \text{ г}$$

5. Обчислити масову частку розчиненої речовини у розчині.

$$w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р-ну})} \quad w(\text{NH}_3) = \frac{0,612 \text{ г}}{500,612 \text{ г}} = 0,0012 \text{ або } 0,12 \%$$

6. Записати відповідь.

Відповідь: 0,12 %

3. Хлороводень об'ємом 33,6 л (н.у.) розчинили у 2 л хлоридної кислоти з масовою часткою HCl 10 % ($\rho = 1,047 \text{ г/см}^3$). Визначте масову частку хлороводню у (%) в одержаному розчині.

Орієнтовні дії

Обчислити масу газуватого хлороводню, знайти масу хлороводню у розчині, обчислити загальну масу розчину та визначити масову частку розчиненої речовини в отриманому розчині.

Відповідь: 12 %

Задачі для самостійного розв'язування

1. У двох об'ємах води розчинили 30 об'ємів сірководню. Визначте масову частку речовини (%) в одержаному розчині. (Відповідь: 2,2 %)
2. Який об'єм сірководню (н.у.) необхідно розчинити в 3 л води для одержання розчину сульфідної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 2 %. (Відповідь: 40,34 л)
3. У 300 мл хлоридної кислоти ($\rho = 1,129 \text{ г/мл}$) з масою часткою HCl 26 % розчинили 3,5 л хлороводню, виміряного при температурі 20°C і тиску 107 кПа. Визначте масову частку (%) хлороводню в одержаному розчині. (Відповідь: 27 %)

3.6. Обчислення масової частки розчиненої речовини у розчині, утвореному при розчиненні кристалогідрату

Особливість розрахункових задач з кристалогідратами полягає в тому, що в розчині розчиненою речовиною є сіль – складова кристалогідрату. Тобто, необхідно робити перерахунок з маси кристалогідрату на масу безводної солі, яка й буде розчиненою речовиною.

$$w \% = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{кристалогідрату}) + m(\text{H}_2\text{O})} \cdot 100 \%$$

$$m(\text{р.р.}) = m(\text{кристалогідрату}) \cdot w(\text{безводної солі})$$

В подальшому термін «безводна сіль» буде позначений як «б.с.».

1. Обчисліть масову частку натрій сульфату у розчині, одержаному при розчиненні 6 г глауберової солі ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) в 50 г води.

Дано:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = 6 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ г}$$

$$w(\text{солі}) = ?$$

Розв'язання:

$$1. w(\text{б.с.}) = \frac{1 \cdot M_r(\text{ф.од.б.с.})}{M_r(\text{ф.од.кристалогідрату})}$$

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{1 \cdot M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}$$

$$M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142, M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 322,$$

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{1 \cdot 142}{322} = 0,44$$

$$2. m(\text{б.с.}) = m(\text{кристалогідрату}) \cdot w(\text{б.с.})$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 6 \text{ г} \cdot 0,44 = 2,64 \text{ г}$$

3.

$$w(\text{б.с.}) = \frac{m(\text{б.с.})}{m(\text{кристалогідрату}) + m(\text{H}_2\text{O})};$$

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{2,64 \text{ г}}{50 \text{ г} + 6 \text{ г}} = 0,047 \text{ або } 4,7\%$$

Відповідь: 0,047 або 4,7 %

2. Яку масу залізного купоросу ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) необхідно розчинити у 100 г води, щоб одержати розчин з масовою часткою ферум(II) сульфату 0,1?

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г}$$

$$w(\text{FeSO}_4) = 0,1$$

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = ?$$

Розв'язання:

Виведемо формулу для визначення масової частки ферум(II) сульфату, отриманому при розчиненні у воді ферум(II) сульфату гептагідрату.

$$1. w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{розчину})};$$

$$2. w(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$3. m(\text{FeSO}_4) = m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot w(\text{FeSO}_4)$$

$$4. w(\text{FeSO}_4) = \frac{1 \cdot M_r(\text{FeSO}_4)}{M_r(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}$$

$$5. w(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \cdot \frac{1 \cdot M_r(\text{FeSO}_4)}{M_r(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}}{m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O})}$$

Позначимо $m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ за x г.

Обчислимо $M_r(\text{FeSO}_4)$ і $M_r(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$.

$M_r(\text{FeSO}_4) = 208$; $M_r(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 334$

Підставимо відповідні значення у виведену формулу і знайдемо x .

$$0,1 = \frac{x \cdot \frac{1 \cdot 208}{334}}{x + 100} \quad 0,1 = \frac{x \cdot 0,62}{x + 100}$$

$$0,62 x = 0,1 x + 10$$

$$x = 19,23$$

$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 19,23 \text{ г}$$

Відповідь: 19,23 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

3. Скільки грамів мідного купоросу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ потрібно розчинити в 500 г розчину купрум(II) сульфату з масовою часткою 5 % для отримання 10 % розчину купрум(II) сульфату?

Алгоритм розв'язування

1. Обчислити масу розчиненої речовини в розчині.

$$w\% = \frac{m(\text{p.p.})}{m(\text{p} - \text{ну})} \cdot 100\% \quad m(\text{p.p.}) = \frac{m(\text{p} - \text{ну}) \cdot w\%}{100\%};$$

$$m(\text{CuSO}_4) = \frac{500 \text{ г} \cdot 5\%}{100\%} = 25 \text{ г}$$

2. Обчислити масову частку безводної солі в кристалогідраті.

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{1 \cdot M_r(\text{CuSO}_4)}{M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}$$

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{1 \cdot 160}{250} = 0,64$$

3. Позначити масу кристалогідрату за x , підставити в формулу для обчислення масової частки розчиненої речовини та провести розрахунки.

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{x \cdot 0,64 + 25}{x + 500}; \quad 0,1 = \frac{x \cdot 0,64 + 25}{x + 500}; \quad x = 46,3$$

4. Записати відповідь.

Відповідь: 46,3 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

4. Визначте масу барій хлориду дигідрату, яку потрібно розчинити в 400 г розчину барій хлориду з масовою часткою солі 0,2, щоб одержати розчин солі з масовою часткою речовини 0,26.

Орієнтовні дії

Позначити масу кристалогідрату за x , підставити в формулу для обчислення масової частки розчиненої речовини та провести розрахунки.

Відповідь: 80 г

Задачі для самостійного розв'язування

1. Кристалогідрат $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ масою 60,6 г розчинили у воді масою 250 г. Визначте масову частку феруму(III) нітрату в добутому розчині. (Відповідь: 11,7 %)
2. Яку масу калій сульфід пентагідрату $\text{K}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ треба розчинити в 270 мл води, щоб одержати 14 %-ний розчин калій сульфід? (Відповідь: 92,18 г)
3. При повному видаленні води з розчину натрію сульфату сіль виділяється у вигляді кристалогідрату $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Яку масу кристалогідрату можна добути з розчину об'ємом 200 мл з масовою часткою натрій сульфату 15 %, густина якого становить 1,14 г/см³? (Відповідь: 77,6 г)
4. Яку масу кристалогідрату $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ необхідно використати, щоб приготувати 360 г розчину з масовою часткою MgSO_4 5 %? (Відповідь: 36,9 г)
5. Визначити масу кристалогідрату $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ і води, які необхідно взяти для приготування розчину масою 540 г з масовою часткою натрій карбонату 15 %. (Відповідь: 219 г $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ і 321 г води)
6. Знайдіть маси води та барій хлориду дигідрату, необхідні для приготування 400 мл розчину барій хлориду ($\rho = 1,20$ г/см³) з масовою часткою солі 0,2. (Відповідь: 367 г, 113 г)

3.6. Задачі на застосування поняття «молярна концентрація»

Молярна концентрація (C_M) показує, яка кількість речовини розчиненої речовини міститься в 1 л розчину.

$$C_M = \frac{\nu}{V(p - \text{ну})}, \text{ де}$$

C_M – молярна концентрація розчину, моль/л;

ν – кількість речовини розчиненої речовини в розчині, моль;

$V(p - \text{ну})$ – об'єм розчину, л.

Оскільки $\nu = \frac{m}{M}$, то
$$C_M = \frac{m}{M \cdot V(p - \text{ну})}, \text{ де}$$

m – маса розчиненої речовини в розчині, г;

M – молярна маса розчиненої речовини, г/моль.

Розчин, у 1 літрі якого міститься 1 моль розчиненої речовини, називають одномолярним (1М), 0,1 моль – децимолярним (0,1М), 0,01 моль – сантимольярним (0,01М).

Приклад розв'язування задач

1. Розчин об'ємом 500 см³ містить натрій гідроксид масою 5 г. Визначити молярну концентрацію цього розчину.

Дано:

$$V(\text{р-ну}) = 500 \text{ см}^3$$

$$m(\text{NaOH}) = 5 \text{ г}$$

$$C_M - ?$$

Розв'язання:

$$1. \nu = \frac{m}{M} \quad \nu(\text{NaOH}) = \frac{5 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,125 \text{ моль}$$

$$2. C_M = \frac{\nu}{V(\text{р-ну})}; C_M = \frac{0,125 \text{ моль}}{0,5 \text{ л}} = 0,25 \text{ моль/л}$$

Відповідь: 0,25 моль/л

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

2. Визначте молярну концентрацію розчину, добутого під час розчинення натрій сульфату масою 42,6 г у воді масою 300 г, якщо густина добутого розчину дорівнює 1,12 г/мл.

Алгоритм розв'язування

1. Обчислити кількість речовини розчиненої речовини.

$$\nu = \frac{m}{M}; M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}; \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{42,6 \text{ г}}{142 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

2. Обчислити масу розчину.

$$m(\text{р-ну}) = m(\text{р.р.}) + m(\text{H}_2\text{O}) \quad m(\text{р-ну}) = 42,6 \text{ г} + 300 \text{ г} = 342,6 \text{ г}$$

3. Обчислити об'єм розчину.

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad V = \frac{m}{\rho}; \quad V(\text{р-ну}) = \frac{342,6 \text{ г}}{1,12 \text{ г/мл}} = 306 \text{ мл} = 0,306 \text{ л}$$

4. Обчислити молярну концентрацію розчину.

$$C_M = \frac{\nu}{V(\text{р-ну})}; C_M = \frac{0,3 \text{ моль}}{0,306 \text{ л}} = 1 \text{ моль/л}$$

5. Записати відповідь.

Відповідь: 1 моль/л

3. Скільки грамів хлороводню міститься в шлунковому соці об'ємом 2 літри, якщо молярна концентрація HCl в шлунковому соці дорівнює 0,1 моль/л.

Орієнтовні дії

Виразити кількість речовини розчиненої речовини з формули $C_M = \frac{\nu}{V(\text{р-ну})}$.

Обчислити кількість речовини HCl та масу.

Відповідь: 7,3 г

Задачі для самостійного розв'язування

1. У воді розчинили калій гідроксид масою 11,2 г. Об'єм розчину довели до 200 мл. Визначте молярну концентрацію добутого розчину. (Відповідь: 1 моль/л)
2. Яку масу калій хромату потрібно узяти для приготування 1,2 л 0,1 М розчину? (Відповідь: 23,3 г)
3. Скільки грамів натрій гідроксиду треба для приготування розчину об'ємом 250 мл, молярна концентрація якого 0,3 моль/л. (Відповідь: 3 г)
4. Визначити молярну концентрацію розчину сульфатної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 0,098 % ($\rho = 1,18$ г/мл). (Відповідь: 1,18 моль/л)
5. В якому об'ємі 0,25 М розчину калій гідроксиду міститься 16,8 г лугу? (Відповідь: 1,2 л)
6. Визначте об'єм розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 5,5 % (густина 1,035 г/мл), який потрібний для приготування 0,25 М розчину H_2SO_4 об'ємом 300 мл. (Відповідь: 129,1 мл)
7. Визначте масову частку (%) 12,2 М розчину нітратної кислоти ($\rho = 1,35$ г/см³). (Відповідь: 56,7 %)
8. Визначте молярну концентрацію 36 %-ного розчину натрій гідроксиду ($\rho = 1,39$ г/см³). (Відповідь: 12,5 моль/л).
9. Змішали 0,2 М, 0,6 М та 0,8 М розчини хлороводню в об'ємному відношенні відповідно 2 : 1 : 2. Визначте молярну концентрацію хлороводню в одержаному розчині. (Відповідь: 0,52 моль/л)
10. Визначити об'єм 7 М розчину хлороводню, який необхідно додати до 120 мл 2 М розчину, щоб утворився 4 М розчин хлороводню. (Відповідь: 80 мл)

3.7. Задачі на застосування поняття «розчинність речовин»

Приклад розв'язування задач

1. У 200 г насиченого при 60 °С розчину міститься 105 г калій нітрату. Обчисліть розчинність даної солі у грамах на 100 г води.

Дано:

$$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$$

$$m(\text{KNO}_3) = 105 \text{ г}$$

Розв'язання

$$1. \ m(\text{р-ну}) = m(\text{солі}) + m(\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ну}) - m(\text{солі})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г} - 105 \text{ г} = 95 \text{ г}$$

$$2. \ \text{В } 95 \text{ г } \text{H}_2\text{O} \text{ розчиняється } 105 \text{ г } \text{KNO}_3$$

$$\begin{array}{ccc} \text{в } 100 \text{ г } \text{H}_2\text{O} & - & x \text{ г } \text{KNO}_3 \end{array}$$

$$95 : 100 = 105 : x$$

$$x = \frac{100 \text{ г} \cdot 105 \text{ г}}{95 \text{ г}} = 110,5 \text{ г}$$

$$\text{Розчинність солі становить } S_{60} = 110,5 \text{ г/100 г } \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{Відповідь: } 110,5 \text{ г/100 г } \text{H}_2\text{O}$$

2. В якій масі води необхідно розчинити 20 г натрій хлориду, щоб при 30 °С утворився насичений розчин? Розчинність натрій хлориду за цієї температури становить 36,3 г на 100 г води.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{NaCl}) = 20 \text{ г}$	В 100 г H_2O розчиняється 36,3 г NaCl
$S_{30}(\text{NaCl}) = 36,3 \text{ г/100 г } \text{H}_2\text{O}$	в $x \text{ г } \text{H}_2\text{O}$ — 20 г NaCl
$m(\text{H}_2\text{O}) = ?$	$100 : 36,3 = x : 20$ $x = \frac{100 \text{ г} \cdot 20 \text{ г}}{36,3 \text{ г}}; \quad x = 55,1 \text{ г}; \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 55,1 \text{ г}$ Відповідь: 55,1 г H_2O

3. Розчинність аргентум нітрату при 50 °С становить 455 г в 100 г води, а при 30 °С – 300 г в 100 г води. Обчисліть, яку масу аргентум нітрату можна додатково розчинити за рахунок нагрівання 200 г насиченого при 30 °С розчину до 50 °С.

Дано:	Розв'язання
$S_{50}(\text{AgNO}_3) = 455 \text{ г/100 г } \text{H}_2\text{O}$	1. При 50°С $m(\text{розчину}) = 100 \text{ г} + 455 \text{ г} = 555 \text{ г}$
$S_{30}(\text{AgNO}_3) = 300 \text{ г/100 г } \text{H}_2\text{O}$	2. 455 г AgNO_3 міститься в 555 г насиченого р-ну
$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$	$x \text{ г } \text{AgNO}_3$ — 200 г насиченого р-ну
$m(\text{AgNO}_3) = ?$	$x = \frac{455 \text{ г} \cdot 200 \text{ г}}{555 \text{ г}} = 163,9 \text{ г}$ 3. При 30 °С $m(\text{р-ну}) = 100 \text{ г} + 300 \text{ г} = 400 \text{ г}$ 300 г AgNO_3 міститься в 400 г насиченого р-ну $x \text{ г } \text{AgNO}_3$ — 200 г насиченого р-ну $x = \frac{300 \text{ г} \cdot 200 \text{ г}}{400 \text{ г}} = 150 \text{ г}$ $m(\text{AgNO}_3) = 163,9 \text{ г} - 150 \text{ г} = 13,9 \text{ г}$ Відповідь: 13,9 г AgNO_3

4. Розчинність натрій нітрату при 20 °С становить 88 г в 100 г води, а при 60 °С – 124,8 г в 100 г води. Обчисліть, яка маса натрій нітрату викристалізується при охолодженні до 20 °С 300 г насиченого при 60 °С розчину.

Дано:	Розв'язання
$S_{20}(\text{NaNO}_3) = 88 \text{ г/100 г } \text{H}_2\text{O}$	1. Різниця розчинностей становить
$S_{60}(\text{NaNO}_3) = 124,8 \text{ г/100 г } \text{H}_2\text{O}$	$\Delta S = 124,8 \text{ г} - 88 \text{ г} = 36,8 \text{ г}$
$m(\text{розчину}) = 300 \text{ г}$	2. Маса насиченого при 60°С розчину становить:
$m(\text{KNO}_3) = ?$	$100 \text{ г} + 124,8 \text{ г} = 224,8 \text{ г}$

3.

3 224,8 г розчину викристалізується 36,8 г NaNO_3
 3 300 г розчину — х г NaNO_3

$$\frac{224,8}{300} = \frac{36,8}{x} \quad x = \frac{300 \text{ г} \cdot 36,8 \text{ г}}{224,8 \text{ г}} = 49,1 \text{ г}$$

Відповідь: 49,1 г KNO_3

5. Визначте масу кристалогідрату алюміній сульфату $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, який викристалізується при охолодженні 945 г насиченого при 100°C розчину алюміній сульфату до 20°C , якщо розчинність його дорівнює 89 г при 100°C і 36,4 г при 20°C .

Дано:

$$S_{100}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 89 \text{ г/}100 \text{ г } \text{H}_2\text{O}$$

$$S_{20}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 36,4 \text{ г/}100 \text{ г } \text{H}_2\text{O}$$

$$m(\text{р-ну}) = 945 \text{ г}$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) - ?$$

Розв'язання

1. Маса $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, який викристалізується позначимо за х (г).

$$2. \quad w[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = \frac{1 \cdot M_r[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]}{M_r[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]}$$

$$\frac{m[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]}{m[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]} = w[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \cdot M_r(\text{H}_2\text{O})}{M_r[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = w(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O})$$

$$M_r(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 342; \quad M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$$

$$M_r(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = 666;$$

В х г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ міститься $342x/666$ г

$\frac{324x}{666}$ г кристалізаційної води.

3. Маса насиченого при 100°C розчину становить:

$$100 \text{ г} + 89 \text{ г} = 189 \text{ г}$$

4. В 189 г розчину міститься 89 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

В 945 г розчину — х г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

$$x = \frac{945 \text{ г} \cdot 89 \text{ г}}{189 \text{ г}} = 445 \text{ г}$$

$$5. \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 945 \text{ г} - 445 \text{ г} = 500 \text{ г}$$

6. Після кристалізації кристалогідрату при 20°C в насиченому розчині:

$$m(\text{Al}_2\text{SO}_4)_3 = 445 - \frac{342x}{666} \quad (\text{г})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 500 - \frac{342x}{666} \text{ (г)}$$

7. При 20⁰С в 100 г Н₂О розчиняється 36,4 г Al₂(SO₄)₃;

в (500 - 324x : 666) г Н₂О – (445 - 342x : 666) г Al₂(SO₄)₃.

$$100(445 - 342x : 666) = 36,4(500 - 324x : 666)$$

$$x = 781,1$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = 781,1 \text{ г}$$

Відповідь: 781,7 г Al₂(SO₄)₃·18H₂O

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

6. Визначте масу води, в якій необхідно розчинити 125 г купрум(II) сульфату пентагідрату, щоб при 80 °С утворився насичений розчин CuSO₄, якщо його розчинність при даній температурі дорівнює 55 г/100 г Н₂О.

Алгоритм розв'язування

1. Обчислити масу насиченого розчину, якщо маса розчинника (вода) 100 г.

$$m(\text{розчину}) = m(\text{р.р.}) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{розчину}) = 55 \text{ г} + 100 \text{ г} = 155 \text{ г}.$$

2. Обчислити масову частку розчиненої речовини в насиченому розчині, який необхідно приготувати.

$$w = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р} - \text{ну})} \quad w(\text{CuSO}_4) = \frac{55 \text{ г}}{155 \text{ г}} = 0,355$$

3. Обчислити масову частку безводної солі в кристалогідраті.

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{1 \cdot M_r(\text{CuSO}_4)}{M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}$$

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{1 \cdot 160}{250} = 0,64$$

4. Визначити масу безводної солі в кристалогідраті.

$$m(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot w(\text{CuSO}_4);$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 125 \text{ г} \cdot 0,64 = 80 \text{ г}$$

5. Позначити масу Н₂О за x (г) та записати вираз для розрахунку масової частки розчиненої речовини в розчині. Розв'язати рівняння з одним невідомим.

$$w(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{CuSO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + x};$$

$$0,355 = \frac{80}{125 + x}; \quad x = 100,35 \text{ (г)}$$

6. Записати відповідь.

Відповідь: 100,35 г Н₂О

Задачі для самостійного розв'язування

1. Розчинність бертолетової солі при температурі 50°C становить $19,3 \text{ г/100г H}_2\text{O}$. Визначте масову частку (%) бертолетової солі в насиченому при зазначеній температурі розчині. (*Відповідь: 16,18 %*)
2. Масова частка купрум(II) хлориду в насиченому розчині цієї солі при температурі 20°C становить $42,7 \%$. Визначте розчинність солі у грамах на 100 г води при даній температурі. (*Відповідь: 74,52 г на 100 г води*)
3. Визначте масу калій нітрату, що викристалізується при охолодженні до 20°C 840 г насиченого при 60°C розчину. Розчинність KNO_3 при 60°C становить $110 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$, а при 20°C – $31,6 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$. (*Відповідь: 313,6 г*)
4. Визначити масу купрум(II) сульфату пентагідрату, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80°C розчину купрум(II) сульфату до 30°C . Розчинність CuSO_4 при 80°C становить $55 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$, а при 30°C – $25 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$. (*Відповідь: 163,6 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$*)
5. Визначити масу магній хлориду гексагідрату, що викристалізується при охолодженні 692 г насиченого при 100°C розчину магній хлориду до 20°C . Розчинність магній хлориду при 100°C становить $73 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$, а при 20°C – $54,5 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$. (*Відповідь: 415,7 г $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$*)
6. Яку масу ферум(II) сульфату слід розчинити у воді для утворення насиченого при 50°C розчину ферум(II) сульфату, щоб при його охолодженні до 30°C викристалізувалося $20 \text{ г FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Розчинність FeSO_4 при 50°C становить $47,5 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$, а при 30°C – $26,5 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$. (*Відповідь: 23,5 г FeSO_4*)

Приклад позааудиторної контрольної роботи для перевірки знань з теми

Інструкція для виконання позааудиторної контрольної роботи

Після самостійного виконання переважної більшості запропонованих вище задач з теми необхідно виконати контрольну роботу № 3 (КР-3). Вона включає 6 завдань, розрахованих на 3 години. Бажано з завданнями КР-3 ознайомитися безпосередньо при її написанні, що дає можливість перевірити свої знання та вміння в умовах близьких до проведення екзамену чи заліку. Під час контрольної роботи користуватися засобами, що містять підказки неможна. Ви успішно справитесь з контрольними завданнями, якщо систематично, наполегливо працювали. Контрольну роботу необхідно виконати в окремому зошиті і здати вчасно викладачу для перевірки.

Контрольна робота № 3 (КР-3)

Варіант I

1. Визначити масу води, до якої треба додати 300 см^3 концентрованого розчину сульфатної кислоти (масова частка $0,98$, густина $1,84 \text{ г/см}^3$), щоб утворився 20% -ний розчин сульфатної кислоти.

- Визначте концентрацію купрум(II) сульфату у розчині, який утвориться при розчиненні 8 г мідного купоросу в 116 г 2 %-ного розчині купрум(II) сульфату.
- Визначте масу 2 %-ного розчину сульфату міді, в якому треба розчинити 24 г мідного купоросу, щоб утворився 6 %-ний розчин сульфату міді.
- Визначте масову частку (%) насиченого при 20 °С розчину калій хлориду, якщо розчинність його при цій температурі дорівнює 34 г/100 г H₂O.
- Визначте масу калій хлориду, яка викристалізується при охолодженні до 20 °С насиченого при 100 °С розчину масою 628,8 г. Розчинність калій хлориду дорівнює 56,7 г на 100 г H₂O при 100 °С і 34 г на 100 г H₂O при 20 °С.
- Визначте масу мідного купоросу, що викристалізується при охолодженні 465 г насиченого при 80 °С розчину купрум(II) сульфату до 30 °С, якщо розчинність купрум(II) сульфату дорівнює при 80 °С 55 г на 100 г H₂O , а при 30 °С – 25 г на 100 г H₂O.

Варіант II

- Визначте масу цукру, яку треба розчинити в 200 г води, щоб утворився 20 %-ний розчин цукру.
- Визначити молярну концентрацію розчину, який утворюється при змішуванні 300 см³ 2М і 700 см³ 4М розчинів сульфатної кислоти.
- Визначте масу води, яку треба додати до 200 г 60 %-ного розчину цукру, щоб утворився 20 %-ний його розчин.
- Визначте масу мідного купоросу, яку треба розчинити в 232г 2%-ного розчину купрум(II) сульфату, щоб утворився 6%-ний розчин купрум(II) сульфату.
- Визначте масу води, в якій треба розчинити 91 г мідного купоросу, щоб при 30 °С утворився насичений розчин купрум(II) сульфату, якщо розчинність його при даній температурі дорівнює 25 г на 100 г H₂O.
- Визначте масу кристалогідрату барій хлориду BaCl₂·2H₂O, що викристалізується при охолодженні 794 г насиченого при 100 °С розчину барій хлориду до 10 °С, якщо розчинність його дорівнює 58,8 г на 100 г H₂O при 100 °С і 35,7 г на 100 г H₂O при 10 °С.

Варіант III

- Визначте маси цукру та 10%-ного його розчину, необхідні для виготовлення 270 г 20%-ного розчину.
- Визначте маси 10%-ного та 90%-ного розчинів оцтової кислоти, необхідні для приготування 160 г 30%-ного її розчину.

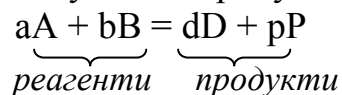
3. Визначити маси кристалогідрату купрум(II) ацетату $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та 5%-ного розчину купрум(II) ацетату, потрібні для виготовлення 860 г 20%-ного розчину купрум ацетату.
4. Визначити масу кристалогідрату барій нітрату $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, яка викристалізується при охолодженні до 20°C 800 г насиченого при 100°C розчину (розчинність безводної солі при 100°C – 300 г на 100 г H_2O , при 20°C – 67,5 г на 100 г H_2O).
5. Яку масу магній хлориду слід розчинити у воді для утворення насиченого при 100°C розчину магній хлориду, якщо при його охолодженні до 20°C викристалізувалося 415,7 г магній хлориду гексагідрату. Розчинність магній хлориду при 100°C становить 73 г/100 г води, а при 20°C – 54,5 г/100 г води.
6. Колба заповнена сухим хлороводнем (н.у.). Потім колбу заповнили водою, в якій повністю розчинився хлороводень. Визначте масову частку хлороводню в розчині.

Розділ 4. Розрахунки за хімічними рівняннями

Актуалізація опорних знань та умінь

1. **Хімічне рівняння** – це запис хімічної реакції за допомогою формул реагентів і продуктів реакції, а також коефіцієнтів.

2. Під час протіканні хімічних реакцій виконується **закон збереження маси**: сума мас реагентів дорівнює сумі мас продуктів реакції



$$m(A) + m(B) = m(D) + m(P)$$

3. Формули для розрахунку кількості речовини:

$$v = \frac{N}{N_A} \quad v = \frac{m}{M} \quad v = \frac{V}{V_m}$$

4. Формули для розрахунку кількості частинок, маси, молярної маси і об'єму речовин за відомою кількістю речовини:

$$N = v \cdot N_A \quad m = v \cdot M \quad M = \frac{m}{v} \quad V = v \cdot V_m$$

5. **Формульна одиниця** – це найменша частинка речовини, її найменший фрагмент, який повторюється.

Формульною одиницею є:

- для газів – молекула (O_2 , H_2 , CO_2);
- для простих твердих речовин та інертних газів – атом (Cu, Fe, S, P, Ar, He);
- для твердих оксидів, основ, солей, – сукупність атомів або йонів (CaO , $Fe(OH)_2$, Al_2S_3 , $NaCl$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $K_3[Fe(CN)_6]$).

6. Хімічне рівняння показує, які речовини і в якій кількості реагують і утворюються:

- для реакцій **між газуватими речовинами з утворенням газоподібних продуктів** можна за хімічним рівнянням встановити співвідношення кількості речовини, маси й об'єму.

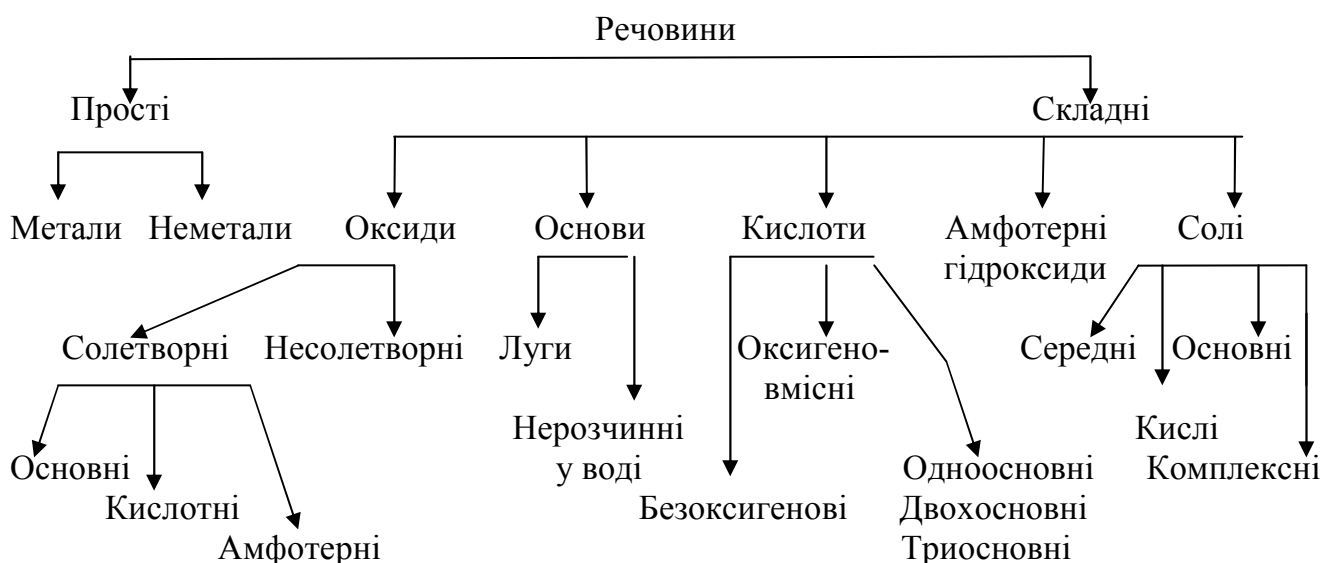
Хімічне рівняння	$2H_{2(газ)} + O_{2(газ)} = 2H_2O_{(газ)}$		
Кількість молекул відповідно до коефіцієнтів	2 молекули	1 молекула	2 молекули
N, молекул	$2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$	$6,02 \cdot 10^{23}$	$2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$
Кількість речовини відповідно до коефіцієнтів, моль	2 моль	1 моль	2 моль
$V = v \cdot V_m$, л	2 моль · 22,4 л/моль	1 моль · 22,4 л/моль	2 моль · 22,4 л/моль
Об'єм відповідно до коефіцієнтів, л	2л	1л	2л
$m = v \cdot M$, г	2 моль · 2 г/моль	1 моль · 32 г/моль	2 моль · 18 г/моль
m, г	4 г	32 г	36 г

- для реакцій *за участю реагентів і продуктів у рідкому та твердому станах* за хімічним рівнянням встановлюють співвідношення кількості речовини та маси.

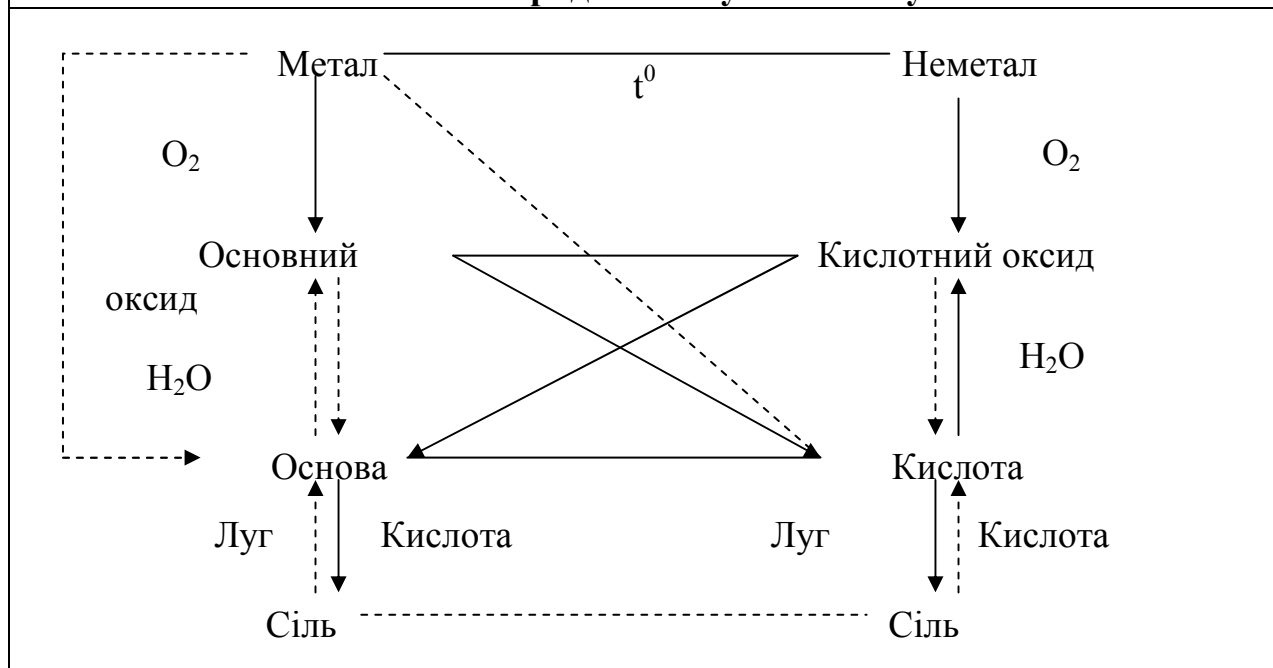
Хімічне рівняння	$2\text{Al} + 3\text{S} = \text{Al}_2\text{S}_3$		
Кількість частинок відповідно до коефіцієнтів	2 атома	3 атома	1 формульна одиниця
N, частинок	$2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$	$3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$	$1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$
Кількість речовини відповідно до коефіцієнтів, моль	2 моль	3 моль	1 моль
$m = \nu \cdot M$, г	2 моль $\cdot$ 27 г/моль	3 моль $\cdot$ 32 г/моль	1 моль $\cdot$ 150 г/моль
m, г	54 г	96 г	150 г

Найважливіші відомості про неорганічні речовини та їх властивості

Речовини за складом і властивостями поділяються на кілька класів:



Взаємний зв'язок між окремими речовинами, що утворюють генетичні ряди металу і неметалу:



Кислотами називають складні речовини, які містять атоми Гідрогену, здатні заміщуватися атомами металів, і кислотні залишки.

Основність кислоти визначається числом атомів Гідрогену, здатних заміщуватися на атоми металічного елемента.

За основністю кислоти поділяються на одноосновні (HNO_3 ; HCl ; HBr ; HI ; H_3PO_2), двоосновні (H_2SO_4 ; H_2SO_3 ; H_2SiO_3 ; H_2S ; H_3PO_3), триосновні (H_3PO_4).

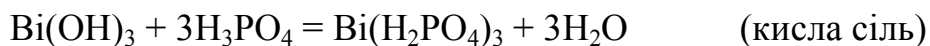
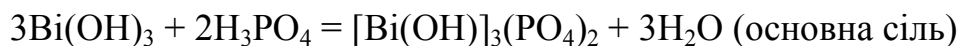
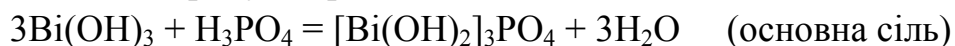
Основами називаються складні речовини, в яких атоми металу сполучені з однією або кількома гідроксогрупами (гідроксид-іон OH^-).

Кислотність основи (амфотерного гідроксиду) визначається числом гідроксильних груп, здатних заміщуватися на кислотні залишки.

За кислотністю основи поділяються на однокислотні (NaOH ; KOH), двохкислотні ($\text{Ba}(\text{OH})_2$; $\text{Cu}(\text{OH})_2$; $\text{Fe}(\text{OH})_2$; $\text{Zn}(\text{OH})_2$; $\text{Be}(\text{OH})_2$), трикислотні ($\text{Bi}(\text{OH})_3$; $\text{Fe}(\text{OH})_3$; $\text{Al}(\text{OH})_3$).

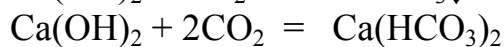
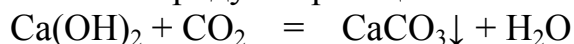
Можливі продукти реакції між кислотою і основою залежать від кислотності основи і основності кислоти.

Наприклад, для реакції бісмут(III) гідроксиду та ортофосфатної кислоти можливі такі продукти реакції:



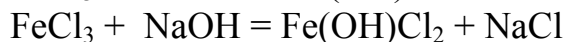
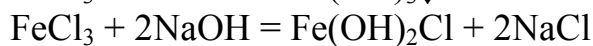
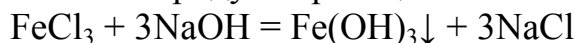
Між кислотними оксидами, які відповідають багатоосновним кислотам, та основами також можливо утворення декількох продуктів реакції.

Наприклад, для реакції між кальцій гідроксидом та карбон(IV) оксидом можливі такі продукти реакції:



Між лугом та деякими середніми солями також можливо утворення декількох продуктів реакції.

Наприклад, для реакції між ферум(III) хлоридом та натрій гідроксидом можливі такі продукти реакції:

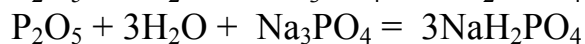
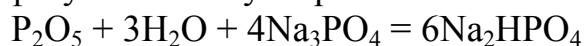


Між кислотними оксидами та середніми солями можливі реакції.

Наприклад, при взаємодії карбон(IV) оксиду з кальцій карбонатом (за участю води) утворюється кисла сіль:

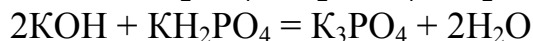
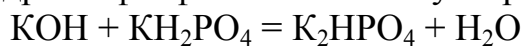


Наприклад, для реакції між фосфор(V) оксидом та розчином натрій фосфату можливо утворення таких кислих солей:



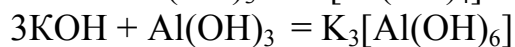
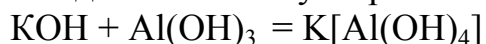
Між лугами і кислими солями можливі реакції.

Наприклад, для реакції між калій гідроксидом та калій дигідрофосфатом можливо утворення таких солей:



Між лугами і амфотерними гідроксидами можливі реакції.

Наприклад, для реакції між розчином калій гідроксиду та алюміній гідроксидом можливо утворення таких солей:



Основні поняття, формули та розрахунки

Розрахунок кількості речовини реагенту або продукту за іншим реагентом або продуктом здійснюється за мольним співвідношенням.

$$\begin{array}{c} x \text{ моль} \quad v \text{ моль} \\ \underline{aA} + \underline{vB} = dD \\ a \text{ моль} \quad v \text{ моль} \end{array}$$
$$\frac{v(A)}{v(B)} = \frac{a(A)}{b(B)}, \quad \text{де}$$

$v(A), v(B)$ – кількість речовини реагентів А і В відповідно;

a, b – коефіцієнти перед хімічними формулами речовин А і В.

$$v(A) = \frac{v(B) \cdot a}{b}$$

При розв'язуванні задач за рівняннями хімічних реакцій слід дотримуватися певної послідовності:

1. Записується скорочена умова задачі.
2. За умовою задачі розраховується кількість речовини за масою, об'ємом або числом структурних частинок речовин.
3. Складається рівняння хімічної реакції. Однією лінією підкреслюються речовина (речовини), які дано за умовою, двома лініями – речовина (речовини), які необхідно визначити.
4. В рівнянні реакції під формулами речовин, які зазначені в умові задачі, підписують кількість речовини (в молях) згідно з коефіцієнтами.
5. В рівнянні реакції над формулами речовин надписують кількість речовини (в молях), які відповідають умові задачі та ті, які необхідно визначити (їх позначають за x).
6. Розраховують кількість речовини реагенту або продукту, що необхідно обчислити, і яке позначено за x .
7. За кількістю речовини розраховують масу, об'єм або число структурних частинок речовини.

4.1. Розрахунки за хімічними рівняннями кількості речовини сполук, що беруть участь або утворюються в реакції

Приклади розв'язання задач

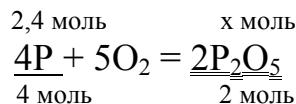
1. Яка кількість речовини фосфор(V) оксиду утвориться в результаті згоряння 2,4 моль фосфору.

Дано:

$$v(P) = 2,4 \text{ моль}$$

$$v(P_2O_5) - ?$$

Розв'язання



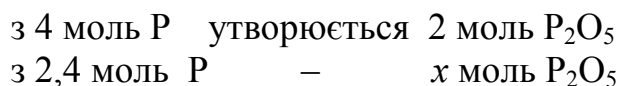
Оформити запис обчислення кількості речовини продукту реакції P_2O_5 можна наступним чином:

а) згідно з коефіцієнтами в рівнянні реакції кількість речовини фосфор(V) оксиду, що утворився, в два рази менша, ніж кількість речовини фосфору, що прореагував.

$$x = 2,4 \text{ моль} : 2 = 1,2 \text{ моль}; \quad v(P_2O_5) = 1,2 \text{ моль}$$

Відповідь: утворилося 1,2 моль P_2O_5

б)



$$\frac{4}{2,4} = \frac{2}{x} \quad x = \frac{2 \cdot 2,4}{4} = 1,2 \text{ (моль)}$$

Відповідь: утворилося 1,2 моль P_2O_5

в)

$$\frac{v(P)}{v(P_2O_5)} = \frac{4}{2}; \quad v(P_2O_5) = \frac{2 \cdot v(P)}{4} = \frac{2 \cdot 2,4 \text{ моль}}{4} = 1,2 \text{ моль}$$

Відповідь: утворилося 1,2 моль P_2O_5

2. Яка маса фосфор(V) оксиду утвориться при спалюванні фосфору в 2,24 л кисню (н.у)?

Дано:

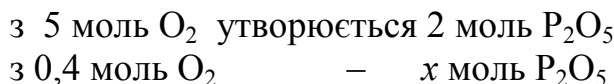
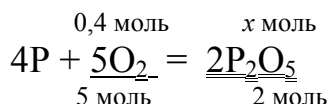
$$V(O_2) = 8,96 \text{ л}$$

$$m(P_2O_5) - ?$$

Розв'язання

$$1. \quad v = \frac{V}{V_m}; \quad V_m = 22,4 \text{ л/моль} \quad v(O_2) = \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

2.



$$\frac{x}{2} = \frac{0,4}{5}; \quad x = \frac{2 \cdot 0,4}{5} = 0,16 \text{ (моль)}$$

$$3. \quad v = \frac{m}{M}; \quad m = v \cdot M; \quad M(P_2O_5) = 2 \cdot 31 + 5 \cdot 16 = 142 \text{ г/моль}$$

$$m(P_2O_5) = 0,16 \text{ моль} \cdot 142 \text{ г/моль} = 22,72 \text{ г}$$

Відповідь: 22,72 г фосфор(V) оксиду

3. При спалюванні 5,4 г тривалентного металу утворилося 10,2 г оксиду. Визначте елемент.

Дано:	Розв'язання
$m(\text{Me}) = 5,4 \text{ г}$ $m(\text{Me}_2\text{O}_3) = 10,2 \text{ г}$ $M(\text{Me}) = ?$	1. Згідно з законом збереження маси речовин в хімічних реакціях визначаємо масу кисню: $m(\text{O}_2) = 10,2 \text{ г} - 5,4 \text{ г} = 4,8 \text{ г}$ 2. $\nu = \frac{m}{M}$; $M(\text{O}_2) = 2 \cdot 16 = 32 \text{ г/моль}$ $\nu(\text{O}_2) = \frac{4,8 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$ 3. $\frac{x \text{ моль}}{4 \text{ моль}} \frac{4\text{Me}}{4 \text{ моль}} + \frac{0,15 \text{ моль}}{3 \text{ моль}} \frac{3\text{O}_2}{3 \text{ моль}} = 2\text{Me}_2\text{O}_3$ 4 моль Me реагують з 3 моль O_2 x моль Me — з 0,15 моль O_2 $\frac{x}{4} = \frac{0,15}{3}; \quad x = \frac{4 \cdot 0,15}{3} = 0,2 \text{ (моль)}$ 4. $\nu = \frac{m}{M}$; $M = \frac{m}{\nu}$; $M(\text{Me}) = \frac{5,4 \text{ г}}{0,2 \text{ моль}} = 27 \text{ г/моль}$ Me – Al Відповідь: елемент Алюміній

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Чи вистачить 4,5 моль кисню на повне окиснення фосфору масою 120 г? Відповідь підтвердіть розрахунками. (Відповідь: не вистачить)
2. Який об'єм концентрованої сульфатної кислоти ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) з масовою часткою кислоти 98 % необхідно взяти для повного розчинення 8 г міді. (Відповідь: 13,6 см^3)
3. На повне розчинення залізної окалини (Fe_3O_4) витратили 40 г 15 %-го розчину HCl . Визначте масу залізної окалини. (Відповідь: 4,76 г)
4. Гідроксид двовалентного металу масою 17,1 г нейтралізували 50 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 19,6 %. Встановіть формулу основи. (Відповідь: $\text{Ba}(\text{OH})_2$)

4.2. Обчислення за хімічними рівняннями, якщо одна з речовин у надлишку

Розв'язання задач полягає в тому, що в умові вказуються маси, об'єми, кількість речовини двох реагуючих речовин і потрібно обчислити кількість речовини продукту реакції. При розв'язанні таких задач необхідно:

- 1) визначити згідно з умовою задачі послідовно чи паралельно відбуваються хімічні реакції; скласти відповідні хімічні рівняння;
- 2) з'ясувати, яка саме з вихідних речовин реагує повністю, а яка взята у надлишку;
- 3) обчислення кількості речовини продукту реакції здійснюють за речовиною, яка прореагувала повністю;
- 4) звертають увагу на можливість взаємодії речовини, яка у надлишку, з продуктами реакції.

Приклад розв'язання задачі

Який об'єм водню (н.у.) виділиться при взаємодії алюмінію масою 5,4 г з розчином, в якому міститься 43,8 г хлороводню?

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання:</i>
$m(\text{Al}) = 5,4 \text{ г}$ $m(\text{HCl}) = 43,8 \text{ г}$	1. Визначимо кількість речовини алюмінію: $\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu(\text{Al}) = \frac{5,4 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ (моль)}$
$V(\text{H}_2) = ?$	2. Визначимо кількість речовини гідроген хлориду: $\nu(\text{HCl}) = \frac{43,8 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 1,2 \text{ (моль)};$ 3. Визначимо, яка речовина реагує повністю. $\begin{array}{ccccc} 0,2 \text{ моль} & 1,2 \text{ моль} & & x \text{ моль} & \\ \underline{2\text{Al}} + \underline{6\text{HCl}} = & 2\text{AlCl}_3 + & \underline{3\text{H}_2} & & \\ 2 \text{ моль} & 6 \text{ моль} & & 3 \text{ моль} & \end{array}$ З рівняння видно, що для взаємодії з 2 моль Al необхідно 6 моль гідроген хлориду, тоді для взаємодії з 0,2 моль Al необхідно 0,6 моль гідроген хлориду. За умовою кількість речовини HCl – 1,2 моль, тобто ця речовина у надлишку. Алюміній реагує повністю. 4. Визначимо кількість речовини водню $\nu(\text{H}_2) = \frac{3}{2} \cdot \nu(\text{Al}); \quad \nu(\text{H}_2) = \frac{3}{2} \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,3 \text{ моль}$ 5. Знайдемо об'єм водню, що утворився в результаті реакції: $\nu = \frac{V}{V_m}; \quad \text{звідси } V = \nu \cdot V_m;$ $V(\text{H}_2) = 0,3 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 6,72 \text{ л}$ Відповідь: 6,72 л

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

Визначте масу осаду, який утвориться в результаті змішування розчинів, що містять 15,6 г натрій сульфіді та 0,3 моль аргентум нітрату.

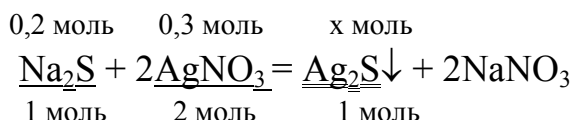
Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Обчислити кількість речовини вихідних речовин.

$$v = \frac{m}{M}; \quad M(\text{Na}_2\text{S}) = 78 \text{ г/моль};$$

$$v(\text{Na}_2\text{S}) = 0,2 \text{ моль}; \quad v(\text{AgNO}_3) = 0,3 \text{ моль}$$

3. Записати рівняння реакції. Підкреслити формули речовин про які йдеться в умові задачі. Під формулами речовин, які зазначені в умові задачі, підписують кількість речовини (в молях) згідно з коефіцієнтами; над формулами речовин надписують кількість речовини (в молях), які відповідають умові задачі та ті, які необхідно визначити (їх позначають за x).



4. З'ясувати, яка з двох речовин, реагує повністю. Послідовність міркувань базується на тому, що з'ясовують, яка кількість речовини однієї з вихідних речовин здатна прореагувати з іншою вихідною речовиною. Послідовність міркувань може бути різною:

- 1) З'ясовуємо, яка кількість речовини AgNO_3 прореагує з 0,2 моль Na_2S .

З 1 моль Na_2S реагує 2 моль AgNO_3 , тоді з 0,2 моль Na_2S може прореагувати 0,4 моль AgNO_3 . Тож AgNO_3 недостатньо для взаємодії з 0,2 моль Na_2S . Таким чином, AgNO_3 прореагує повністю.

- 2) З'ясовуємо, яка кількість речовини Na_2S прореагує з 0,3 моль AgNO_3 .

З 2 моль AgNO_3 реагує 1 моль Na_2S , тоді з 0,3 моль AgNO_3 може прореагувати 0,15 моль Na_2S , а його взято 0,2 моль. Тож Na_2S у надлишку, повністю прореагує AgNO_3 .

5. Обчислити кількість речовини продукту реакції.

$$v(\text{Ag}_2\text{S}) = \frac{1}{2} v(\text{AgNO}_3);$$

$$v(\text{Ag}_2\text{S}) = \frac{0,3 \text{ моль}}{2} = 0,15 \text{ моль}$$

6. З'ясувати, чи можлива реакція речовини, яка у надлишку з продуктами реакції.

Na_2S не реагує з Ag_2S .

7. Обчислити масу продукту реакції.

$$m = \nu \cdot M; \quad m(\text{Ag}_2\text{S}) = 0,15 \text{ моль} \cdot 248 \text{ г/моль} = 37,2 \text{ г}$$

8. Записати відповідь.

Відповідь: 37,2 г Ag_2S

Приклад розв'язання задач

1. Через розчин, що містить 7,4 г кальцій гідроксиду, пропустили 3,36 л карбон(IV) оксиду. Визначте масу утвореного осаду.

Дано:

$$\begin{array}{l} m[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 7,4 \text{ г} \\ V(\text{CO}_2) = 3,36 \text{ л} \\ \hline m(\text{осаду}) - ? \end{array}$$

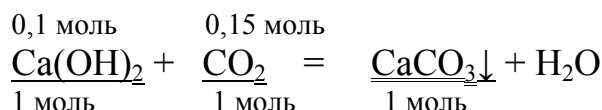
Розв'язання

$$1. \quad \nu = \frac{m}{M}; \quad M[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 74 \text{ г/моль};$$

$$\nu[\text{Ca}(\text{OH})_2] = \frac{7,4 \text{ г}}{74 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$2. \quad \nu = \frac{V}{V_m}; \quad \nu(\text{CO}_2) = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

3.



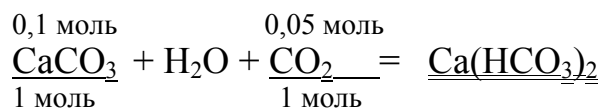
$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{Ca}(\text{OH})_2); \quad \nu(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$\Delta \nu(\text{CO}_2) = 0,15 \text{ моль} - 0,1 \text{ моль} = 0,05 \text{ моль}$$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ реагує повністю, визначаємо $\nu(\text{CaCO}_3)$.

$$\nu(\text{CaCO}_3) = \nu[\text{Ca}(\text{OH})_2]; \quad \nu(\text{CaCO}_3) = 0,1 \text{ моль}$$

Надлишок вуглекислого газу взаємодіє в розчині з CaCO_3 з утворенням розчинної кислої солі.



$$\nu(\text{CaCO}_3) = \nu(\text{CO}_2); \quad \nu(\text{CaCO}_3) = 0,05 \text{ моль}$$

$$\Delta \nu(\text{CaCO}_3) = 0,1 \text{ моль} - 0,05 \text{ моль} = 0,05 \text{ моль}$$

$$4. \quad \nu = \frac{m}{M} \quad m = \nu \cdot M;$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 0,05 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль} = 5 \text{ г}$$

Відповідь: маса осаду 5 г

2. До свіжоприготовленого розчину алюміній сульфату об'ємом 0,5 л з концентрацією солі 1,2 моль/л добавили 2 л розчину калій гідроксиду з концентрацією луку 2 моль/л. Визначте масу одержаного осаду.

Дано:

$V_1 = 0,5$ л
 $C[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 1,2$ моль/л
 $V_2 = 2$ л
 $C(\text{KOH}) = 2$ моль/л
 $m(\text{осаду}) - ?$

Розв'язання

1. Знайдемо $\nu[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$

$$C_M = \frac{\nu}{V}; \quad \nu = C_M \cdot V;$$

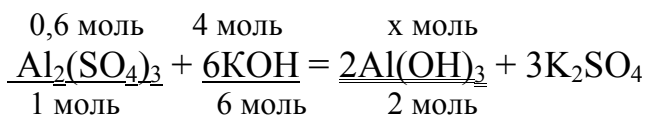
$$\nu[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 1,2 \text{ моль/л} \cdot 0,5 \text{ л} = 0,6 \text{ моль}$$

2. Знайдемо $\nu(\text{KOH})$. $\nu(\text{KOH}) = 2 \text{ моль/л} \cdot 2 \text{ л} = 4 \text{ моль}$

При додаванні до розчину алюміній сульфату розчину калій гідроксиду спочатку утворюються основні солі, а при молярному співвідношенні 1 : 6 – алюміній гідроксид.

$$\nu[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] : \nu(\text{KOH}) = 0,6 \text{ моль} : 4,0 \text{ моль} \approx 1 : 6,6$$

3. Знайдемо $\nu \text{ Al}(\text{OH})_3$



Визначимо кількість речовини KOH, необхідну для взаємодії з 0,6 моль $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

$$\nu(\text{KOH}) = 6\nu[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]; \quad \nu(\text{KOH}) = 6 \cdot 0,6 \text{ моль} = 3,6 \text{ моль}$$

$\Delta\nu(\text{KOH}) = 4 \text{ моль} - 3,6 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$; KOH в надлишку.

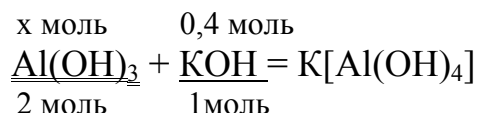
Розрахунок кількості речовини $\text{Al}(\text{OH})_3$ здійснюємо за $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

$$\nu[\text{Al}(\text{OH})_3] = 2\nu[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3];$$

$$\nu[\text{Al}(\text{OH})_3] = 2 \cdot 0,6 \text{ моль} = 1,2 \text{ моль}$$

4. Знайдемо $\nu' [\text{Al}(\text{OH})_3]$

Амфотерні гідроксиди взаємодіють з розчинами лугів з утворенням комплексних солей. При співвідношенні $\nu[\text{Al}(\text{OH})_3] : \nu(\text{KOH}) = 1 : 1$ утворюється $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$.



$$\nu[\text{Al}(\text{OH})_3] = \nu(\text{KOH}); \quad \nu'[\text{Al}(\text{OH})_3] = 0,4 \text{ моль}$$

Кількість речовини нерозчиненого осаду:

$$\nu'[\text{Al}(\text{OH})_3] = 1,2 \text{ моль} - 0,4 \text{ моль} = 0,8 \text{ моль}$$

5. $\nu = \frac{m}{M}$ $m = \nu \cdot M$; $M[\text{Al}(\text{OH})_3] = 78 \text{ г/моль}$

$$m'[\text{Al}(\text{OH})_3] = 0,8 \text{ моль} \cdot 78 \text{ г/моль} = 62,4 \text{ г}$$

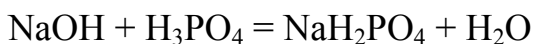
Відповідь: маса осаду 62,4 г

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

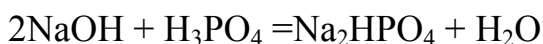
Визначте кількість речовини продуктів, що утворилися при взаємодії розчинів, які містять 0,2 моль ортофосфатної кислоти і 0,25 моль натрій гідроксиду.

Алгоритм розв'язання

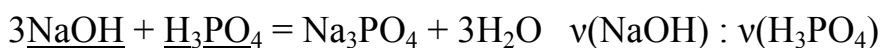
1. Записати скорочену умову задачі.
2. Скласти можливі рівняння реакції та встановити кількісні відношення реагуючих речовин (в молях).



при мольному співвідношенні $\nu(\text{NaOH}) : \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1 : 1$



при мольному співвідношенні $\nu(\text{NaOH}) : \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2 : 1$

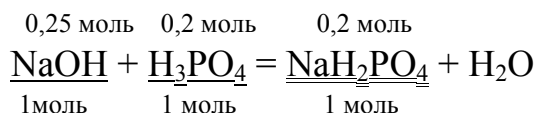


при мольному співвідношенні $\nu(\text{NaOH}) : \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 : 1$

3. Вибрати рівняння для розрахунку.

Розрахунок здійснюємо за рівнянням 1, тому що за даними задачі $\nu(\text{NaOH}) : \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,25 : 0,2$ як $1,25 : 1$ з надлишком NaOH.

4. Визначити речовину, яка реагує повністю, та речовину, яка у надлишку (її кількість в молях). Обчислити кількість речовини продукту реакції.



Надлишок NaOH становить

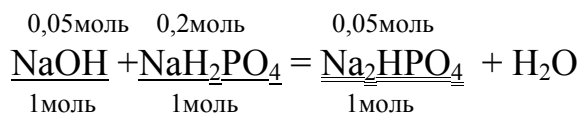
$$\Delta \nu(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ моль} - 0,2 \text{ моль} = 0,05 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,2 \text{ моль}$$

5. З'ясувати, чи можлива реакція речовини, яка у надлишку з продуктами реакції.

Утворена кисла сіль взаємодіє з надлишком лугу.

6. Обчислити кількість речовини продуктів реакції.



Надлишок NaH_2PO_4 становить:

$$\Delta \nu(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,2 \text{ моль} - 0,05 \text{ моль} = 0,15 \text{ моль}; \quad \nu(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,05 \text{ моль}$$

7. Записати відповідь.

Відповідь: 0,15 моль NaH_2PO_4 , 0,05 моль Na_2HPO_4

Приклад розв'язання задачі

Яку кількість речовини натрій гідроксиду та ортофосфатної кислоти необхідно взяти, щоб утворилося 16,4 г Na_3PO_4 та 7,1 г Na_2HPO_4 .

Дано:

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 16,4 \text{ г}$$
$$m(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 7,1 \text{ г}$$

$$v(\text{NaOH}) - ?$$

$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) - ?$$

Розв'язання

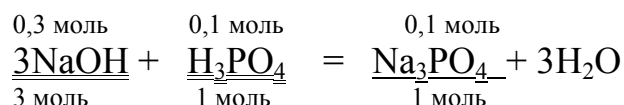
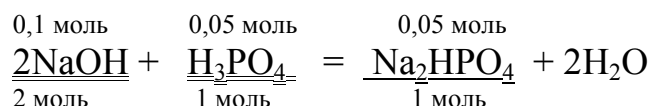
$$1. v = \frac{m}{M}; \quad M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164 \text{ г/моль};$$

$$v(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{16,4 \text{ г}}{164 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 142 \text{ г/моль};$$

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \frac{7,1 \text{ г}}{142 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

2. Зазначені солі утворюються при взаємодії натрій гідроксиду та ортофосфатної кислоти. Обчислимо кількість речовини NaOH і H_3PO_4 за рівняннями реакцій.



3. Обчислимо загальну кількість речовини натрій гідроксиду та ортофосфатної кислоти, які необхідно взяти для одержання солей.

$$v_{\text{загальне}}(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль} + 0,3 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль};$$

$$v_{\text{загальне}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,05 + 0,1 \text{ моль} = 0,15 \text{ моль}.$$

Відповідь: 0,4 моль NaOH та 0,15 моль H_3PO_4

Визначити якісний склад солей, що утворюються при пропусканні 1,568 л (н.у.) карбон(IV) оксиду через розчин, що містить 3,2 г натрій гідроксиду. Обчисліть масу утворених солей.

Орієнтовні дії

При пропусканні вуглекислого газу через розчин натрій гідроксиду утворюється спочатку середня сіль (натрій гідроксид у надлишку). При подальшому пропусканні CO_2 частина середньої солі перетворюється на кислу сіль.

Відповідь: 1,06 г Na_2CO_3 , 5,04 г NaHCO_3

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. До розчину, що містить аргентум нітрат масою 37,4 г, добавили розчин, в якому міститься 0,2 моль магній хлориду. Визначте маси солей в одержаному розчині. *(Відповідь: 8,55 г $MgCl_2$, 16,28 г $Mg(NO_3)_2$)*
2. Крізь розчин, що містить барій гідроксид масою 51,3 г, пропустили сульфур(IV) оксид об'ємом 15,68 л (н.у.). Визначте масу солі, що утворилася. *(Відповідь : 89,7 г $Ba(HSO_3)_2$)*
3. Вуглекислий газ об'ємом 22,4 л (н.у.) пропустили через розчин, що містить 102,6 г барій гідроксиду. Визначте які солі утворилися і в якій кількості. *(Відповідь: 39,4 г $BaCO_3$ та 103,6 г $Ba(HCO_3)_2$)*
4. Через 1500 мл розчину з концентрацією ортофосфатної кислоти 2 моль/л пропустили 112 дм³ амоніаку. Визначте маси солей, які утворяться в розчині. *(Відповідь: 132 г $(NH_4)_2HPO_4$; 149 г $(NH_4)_3PO_4$)*
5. Визначте масу солі, яка утвориться при взаємодії барій гідроксиду кількістю речовини 0,1 моль та хлоридної кислоти, одержаної при розчиненні у воді хлороводню об'ємом 2,24 л (н.у.). *(Відповідь: 18,95 г $BaOHCl$)*
6. Визначте маси солей, які утворяться при взаємодії розчину ортофосфатної кислоти, що містить 9,8 г кислоти з лугом, одержаним при розчиненні 4,65 г натрій оксиду у воді. *(Відповідь: 7,1 г Na_2HPO_4 ; 6 г NaH_2PO_4)*
7. Яку масу ортофосфатної кислоти необхідно нейтралізувати розчином натрій гідроксиду, щоб утворилося 1,2 г натрій дигідрогенфосфату та 4,26 г натрій гідрогенфосфату. *(Відповідь: 3,92 г H_3PO_4)*.
8. Яку кількість речовини алюміній сульфату та натрій гідроксиду необхідно взяти, щоб отримати 0,2 моль алюміній дигідроксид сульфату та 0,1 моль алюміній гідроксид сульфату. *(Відповідь: 85,5 г $Al_2(SO_4)_3$ та 36 г $NaOH$)*
9. Визначте масу солі, що утвориться в результаті взаємодії 250 мл розчину натрій гідроксиду ($\rho = 1,28$ г/мл, $w = 2,5$ %) та фосфор(V) оксиду, одержаного при спалюванні 0,2 моль фосфору. Розрахуйте масову частку солі (%) в утвореному розчині. *(Відповідь: 24 г NaH_2PO_4 , 7,2 %)*
10. До свіжоприготовленого розчину цинк хлориду об'ємом 0,3 л з концентрацією солі 0,2 моль/л добавили 0,2 л розчину натрій гідроксиду з концентрацією луку 0,5 моль/л. Визначте масу одержаного осаду. *(Відповідь: 4,95 г)*
11. До розчину, що містить 39,2 г хром(III) сульфату, додали 128 г 10 % розчину натрій гідроксиду. Обчислить кількість речовини утворених солей. *(Відповідь: 33 г $Cr(OH)SO_4$ та 8,04 г $[Cr(OH)_2]_2SO_4$)*
12. До розчину, що містить 3,17 г хром(III) хлориду, додали розчин, що містить 3,4 г амоній сульфїду. Утворений осад відділили і прожарили. Визначте масу залишку після прожарювання, а також, які солі і в якій кількості містяться у фільтраті. *(Відповідь: 1,52 г Cr_2O_3 ; 3,21 г NH_4Cl ; 1,36 г $(NH_4)_2S$; 1,02 H_2S)*.

4.4. Розрахунки за хімічними рівняннями з участю газоподібних речовин

4.4.1. Розрахунки об'ємних відношень газів в хімічних реакціях

Приклади розв'язання задач

1. Визначте об'єм кисню, необхідного для спалювання 10 л (н.у.) бутану.

Дано:	Розв'язання
$\frac{V(C_4H_{10}) = 10 \text{ л}}{V(O_2) - ?}$	Згідно з законом об'ємних відношень об'єми газів реагуючих речовин відносяться як стехіометричні коефіцієнти $\frac{2 \text{ л } C_4H_{10}}{2 \text{ л}} + \frac{7 \text{ л } O_2}{7 \text{ л}} = 8CO_2 + 10 H_2O$ 2 л C_4H_{10} взаємодіє з 7 л O_2 10 л C_4H_{10} — 35 л O_2 $\frac{x}{7} = \frac{10}{2} \quad x = \frac{7 \cdot 10}{2} = 35 \text{ (л)}$ Відповідь: 35 л C_4H_{10}

2. Для спалювання насиченого вуглеводню використано п'ятикратний об'єм кисню. Встановіть формулу насиченого вуглеводню.

Дано:	Розв'язання
$\frac{V(C_nH_{2n+2}) : V(O_2) = 1 : 5}{C_nH_{2n+2} - ?}$	Згідно з законом об'ємних відношень об'єми газів реагуючих речовин відносяться як стехіометричні коефіцієнти. Запишемо рівняння горіння насиченого вуглеводню у загальному вигляді: $\frac{1 \text{ л } C_nH_{2n+2}}{1 \text{ л}} + \frac{\frac{3n+1}{2} \text{ л } O_2}{\frac{3n+1}{2} \text{ л}} = nCO_2 + (n+1) H_2O$ $0,5(3n + 1) = 5 \quad n = 3 \quad C_3H_8$ Відповідь: C_3H_8

3. Внаслідок взаємодії суміші етану і ацетилену з бромною водою прореагувало 0,1 моль броду, а при повному згорянні такої ж кількості суміші утворилося 12 л (н.у.) карбон(IV) оксиду. Обчислити об'ємні частки (%) етану й ацетилену в суміші.

Дано:

$$v(\text{Br}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

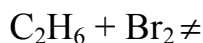
$$V(\text{CO}_2) = 12 \text{ л}$$

$$\varphi\%(\text{C}_2\text{H}_6) - ?$$

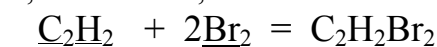
$$\varphi\%(\text{C}_2\text{H}_2) - ?$$

Розв'язання

1.



$$0,05 \text{ моль} \quad 0,1 \text{ моль}$$

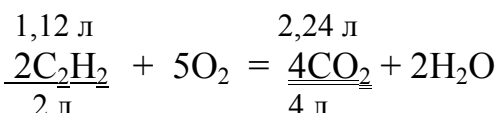


$$1 \text{ моль} \quad 2 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,05 \text{ моль}$$

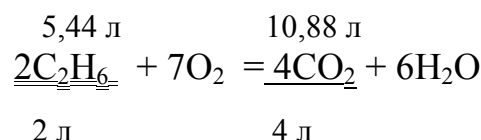
$$2. V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,05 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ моль/л} = 1,12 \text{ л}$$

3.



$$4. V_1(\text{CO}_2) = 1,12 \text{ л}; V_2(\text{CO}_2) = 12 \text{ л} - 1,12 \text{ л} = 10,88 \text{ л}$$

5.



$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 5,44 \text{ л}$$

$$6. \varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{5,44 \text{ л}}{5,44 \text{ л} + 1,12 \text{ л}} = 0,83 \text{ або } 83 \%$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{1,12 \text{ л}}{5,44 \text{ л} + 1,12 \text{ л}} = 0,17 \text{ або } 17 \%$$

Відповідь: 83 % C_2H_6 ; 17 % C_2H_2

4. Газова суміш складається з водню, метану і карбон(II) оксиду, має густину 0,857 г/л. Для повного спалювання 1 л такої суміші витратили 4,75 л повітря. Визначити склад вихідної суміші газів в літрах. Вважати об'ємну частку кисню у повітрі 0,2.

Дано:

$$\rho(\text{суміші}) = 0,857 \text{ г/л}$$

$$V(\text{суміші}) = 1 \text{ л}$$

$$V(\text{повітря}) = 4,75 \text{ л}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 0,2$$

$$V(\text{H}_2) - ?$$

$$V(\text{CH}_4) - ?$$

$$V(\text{CO}) - ?$$

Розв'язання

$$1. V(\text{O}_2) = V(\text{повітря}) \cdot \varphi(\text{O}_2);$$

$$V(\text{O}_2) = 4,75 \text{ л} \cdot 0,2 = 0,95 \text{ л}$$

2.

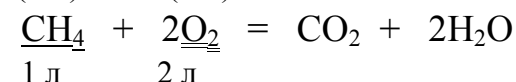


$$V(\text{CO і H}_2):V(\text{O}_2) = 2 : 1$$

$$V(\text{CO і H}_2) = x \text{ л} \quad V(\text{CH}_4) = (1 - x) \text{ л}$$

$$\text{Згідно з рівнянням } V_1(\text{O}_2) = 0,5x$$

$$(1-x) \text{ л} \quad 2(1-x) \text{ л}$$



$$1 \text{ л} \quad 2 \text{ л}$$

$$V_2(\text{O}_2) = 2(1 - x);$$

$$\begin{aligned}
 4. \quad V(\text{O}_2) &= V_1(\text{O}_2) + V_2(\text{O}_2) \\
 0,95 &= 0,5x + 2(1-x) \\
 0,95 &= 0,5x + 2 - 2x \\
 1,5x &= 1,05 \quad x = 0,7 \text{ (л)} \\
 V(\text{CO і H}_2) &= 0,7 \text{ л} \quad V(\text{CH}_4) = 1 \text{ л} - 0,7 \text{ л} = 0,3 \text{ л}
 \end{aligned}$$

$$5. \quad \rho = \frac{M}{V_m}; \quad M = \rho \cdot V_m;$$

$$M_{\text{сер.}} = 0,857 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 19,2 \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{г сер.}} = M_{\text{сер.}} \quad M_{\text{г сер.}} = M_{\text{г1}} \cdot \varphi_1 + M_{\text{г2}} \cdot \varphi_2 + M_{\text{г3}} \cdot \varphi_3;$$

$$\varphi_1 = \varphi(\text{CH}_4) = 0,3; \quad \varphi_2 = \varphi(\text{CO}) = x; \quad \varphi_3 = \varphi(\text{H}_2) = 0,7-x$$

$$\begin{aligned}
 19,2 &= 0,3 \cdot 16 + x \cdot 28 + (0,7-x) \cdot 2; \\
 x &= 0,5
 \end{aligned}$$

$$\varphi(\text{CO}) = 0,5; \quad \varphi(\text{H}_2) = 0,2;$$

$$V(\text{CO}) = 1 \text{ л} \cdot 0,5 = 0,5 \text{ л} \quad V(\text{H}_2) = 1 \text{ л} \cdot 0,2 = 0,2 \text{ л}$$

Відповідь: 0,2 л H₂, 0,3 л CH₄, 0,5 л CO

5. Визначити об'єм озонованого кисню, що містить 10 % озону, необхідний для спалювання 42 л пропану.

Дано:

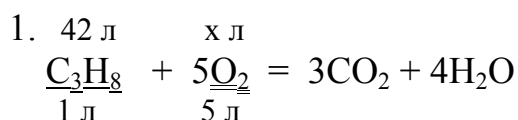
$$\varphi\%(\text{O}_3) = 10\%$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 42 \text{ л}$$

$$V(\text{суміші}) = ?$$

Розв'язання

І спосіб



$$V(\text{O}_2) = 5 V(\text{C}_3\text{H}_8); \quad V(\text{O}_2) = 5 \cdot 42 \text{ л} = 210 \text{ л}$$

2. В 100 л суміші кисню і озону міститься 10 л O₃ і 90 л O₂

$$\begin{array}{ccc} 2\text{O}_3 & = & 3\text{O}_2 \\ 2 \text{ л} & & 3 \text{ л} \end{array}; \quad V(\text{O}_2) = \frac{3}{2} V(\text{O}_3); \quad V(\text{O}_2) = \frac{3}{2} 10 \text{ л} = 15 \text{ л}$$

Тоді загальний об'єм кисню становить 90 л + 15 л = 105 л

3. Зі 100 л суміші озону та кисню одержують 105 л O₂

$$\begin{array}{ccc} x \text{ л} & - & 210 \text{ л O}_2 \\ \frac{x}{100} = \frac{210}{105}; & x = & \frac{100 \cdot 210}{105} = 200 \text{ (л)} \end{array}$$

$$V(\text{суміші}) = 200 \text{ л}$$

Відповідь: 200 л озонованого кисню

II спосіб

1. Нехай $V(\text{суміші}) = x$ л; $V(\text{O}_3) = 0,1x$; $V(\text{O}_2) = 0,9x$;
2. $2\text{O}_3 = 3\text{O}_2$ $V(\text{O}_2) = \frac{3}{2} V(\text{O}_3)$; $V(\text{O}_2) = 0,15x$
3. $V(\text{O}_2) = 0,9x + 0,15x = 1,05x$
4.
$$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$$
$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{1}{5} V(\text{O}_2); \quad 42 = \frac{1}{5} \cdot 1,05x; \quad x = 200 \text{ (л)}$$

Відповідь: 200 л озонованого кисню

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. На спалювання 40 л пропан-метанової суміші витрачено 170 л кисню. Визначте об'ємний склад вихідної суміші вуглеводнів. Об'єми газів наведені за однакових умов.

Орієнтовні дії

Обидві речовини реагують з киснем. Застосуйте алгебраїчний метод розв'язування задачі. Позначте об'єм однієї з речовин за x л, тоді об'єм іншої речовини дорівнює $(40 - x)$ л. За законом об'ємних відношень знайдіть об'єм кисню за першим і другим рівнянням та складіть рівняння з одним невідомим.

Відповідь: 10 л пропану, 30 л метану

2. Для спалювання 1 л вуглеводню використано 2,5 л кисню. Встановіть формулу вуглеводню. Об'єми газів виміряні за однакових умов.

Орієнтовні дії

Загальна формула вуглеводню C_xH_y . Складаємо рівняння реакції горіння вуглеводню в загальному вигляді. За законом об'ємних відношень складаємо алгебраїчне рівняння. Використовуємо метод підбору (задаючи значення x , вираховуємо значення y).

Відповідь: C_2H_2

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Для спалювання суміші циклобутану, бут-1-ену та 2-метил-пропену в об'ємному співвідношенні 1:2:3 використали 36 л (н.у.) кисню. Обчисліть об'ємний склад суміші в літрах. (Відповідь: 1 л циклобутану, 2 л бут-1-ену та 3 л 2-метил-пропену)
2. В результаті озонування кисню утворилося 10 л (н.у.) озону. Обчисліть об'єм кисню, що прореагував. (Відповідь: 15 л)
3. Обчисліть об'єм суміші озону з киснем, яка містить 8 % озону, яку слід використати для спалювання 20 л (н.у.) бутану. (Відповідь: 125 л)

4. Суміш метану з етаном об'ємом 33,6 л (н.у.) спалили. Продукти реакції пропустили через надлишок розчину натрій гідроксиду, при цьому утворилося 212 г солі. Визначте об'ємний склад суміші. (Відповідь: 22,4 л CH_4 ; 11,2 л C_2H_6)
5. Для спалювання 1 л насиченого вуглеводню використано 16,7 л повітря. Встановіть формулу насиченого вуглеводню. Об'єми газів виміряні за однакових умов. (Відповідь: C_2H_6)
6. При пропусканні 2,8 л (н.у.) газової суміші, що складається з пропену, бутену і бутану через бромну воду прореагувало 6 г бром. Визначити об'єми кисню і повітря необхідні для спалювання 20 л (н.у.) цієї суміші, якщо її густина за воднем становить 26,1. (Відповідь: 113 л кисню, 565 л повітря)
7. В результаті спалювання суміші бензену з аніліном утворилося 49,28 л (н.у.) суміші газів. При пропусканні цієї суміші газів через надлишок розчину калій гідроксиду не поглинулося 2,24 л (н.у.) газу. Знайдіть масову частку аніліну в суміші. (Відповідь: 38,6 %)
8. Густина за гелієм суміші, що складається з водню, етену та етину, дорівнює 8. Для спалювання 44,8 л (н.у.) цієї суміші використали 112 л (н.у.) кисню. Обчислити об'ємний склад (%) вихідної суміші. (Відповідь: 12,5 % H_2 ; 50 % C_2H_4 ; 37,5 % C_2H_2)

4.4.2. Розрахунки за хімічними рівняннями з урахуванням зміни об'єму газової суміші

Приклади розв'язання задач

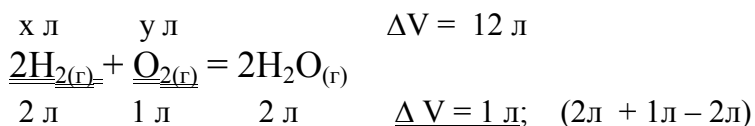
1. При температурі 150 °С підірвали суміш кисню і водню. В результаті реакції при зазначеній температурі об'єм газової суміші зменшився на 12 л. Обчисліть об'єми газів у вихідній суміші.

Дано:

$$\frac{\Delta V = 12 \text{ л}}{V(\text{O}_2) - ? \quad V(\text{H}_2) - ?}$$

Розв'язання

1. Складаємо рівняння реакції взаємодії водню з киснем. Зазначаємо об'єми реагуючих речовин, продукту реакції та зміну об'єму газової суміші (згідно з коефіцієнтами рівняння реакції).



При взаємодії 2 л H_2 зміна об'єму становить 1 л,
При взаємодії х л H_2 зміна об'єму становить 12 л

$$\frac{x}{2} = \frac{12}{1}; \quad x = \frac{2 \cdot 12}{1} \quad x = 24 \text{ (л)} \quad V(\text{H}_2) = 24 \text{ л}$$

$$y = 12 \text{ (л)} \quad V(\text{O}_2) = 12 \text{ л}$$

Відповідь: 24 л O_2 ; 12 л H_2

2. Суміш етану і кисню спалили. На скільки зменшився загальний об'єм газової суміші в результаті реакції, якщо етану прореагувало 24 л. Виміри об'ємів проводилися за н.у.

Дано:

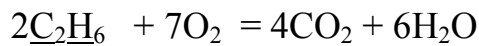
$$V(C_2H_6) = 24 \text{ л}$$

$$\Delta V = ?$$

Розв'язання

1. Визначимо зміну об'єму ΔV

$$24 \text{ л} \quad \quad \quad x \text{ л}$$



$$2 \text{ л} \quad 7 \text{ л} \quad 4 \text{ л} \quad - \quad \underline{\Delta V = 5 \text{ л;}} \quad (2 \text{ л} + 7 \text{ л} - 4 \text{ л})$$

При взаємодії 2 л C_2H_6 зміна об'єму становить 5 л,

При взаємодії 24 л C_2H_6 зміна об'єму становить x л

$$\frac{x}{5} = \frac{24}{2}; \quad x = \frac{24 \cdot 5}{2}; \quad x = 60 \text{ л;} \quad \Delta V = 60 \text{ л}$$

Відповідь: зменшення об'єму газової суміші 60 л

3. При спалюванні суміші газів карбон(II) оксиду і карбон(IV) оксиду об'ємом 48 мл в надлишку кисню об'єм суміші зменшився на 6 мл. Визначити об'ємні частки газів у вихідній суміші.

Дано:

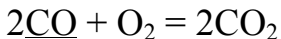
$$V(CO_2, CO) = 48 \text{ мл}$$

$$\varphi\%(CO) = ? \quad \varphi\%(CO_2) = ?$$

Розв'язання

1.

$$x \text{ мл} \quad \quad \quad \Delta V = 6 \text{ мл}$$



$$2 \text{ мл} \quad 1 \text{ мл} \quad 2 \text{ мл} \quad \underline{\Delta V = 1 \text{ мл;}} \quad (2 \text{ мл} + 1 \text{ мл} - 2 \text{ мл})$$

$$x = \frac{2 \cdot 6}{1} \quad x = 12 \text{ (мл)} \quad V(CO) = 12 \text{ мл}$$

$$2. \quad V(CO_2) = 48 \text{ мл} - 12 \text{ мл} = 36 \text{ мл}$$

$$3. \quad \varphi(CO) = \frac{12}{48} = 0,25 \text{ або } 25 \%$$

$$4. \quad \varphi\%(CO_2) = 100 \% - 25 \% = 75 \%$$

Відповідь: 25 % CO; 75 % CO_2

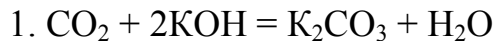
4. В евдіометрі спалили 100 мл суміші водню, метану і кисню. Після конденсації водяної пари і приведення газу до початкових умов об'єм утвореної суміші становив 35 мл. Після поглинання вуглекислого газу надлишком розчину калій гідроксиду об'єм залишку, в якому загоряється тліюча скіпка, становив 25 мл. Визначити об'ємну частку компонентів суміші. Всі виміри газів здійснювалися за нормальних умов.

Дано:

$$\begin{aligned} V(\text{H}_2, \text{CH}_4, \text{O}_2) &= 100 \text{ мл} \\ V_1 &= 35 \text{ мл} \\ V_2 &= 25 \text{ мл} \end{aligned}$$

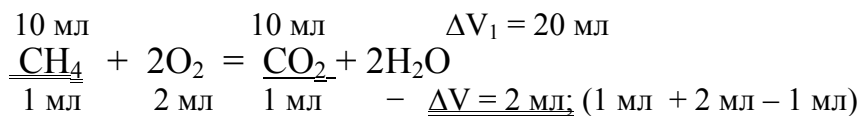
$$\begin{aligned} \varphi(\text{H}_2) - ? \quad \varphi(\text{CH}_4) - ? \\ \varphi(\text{O}_2) - ? \end{aligned}$$

Розв'язання



$$V(\text{CO}_2) = 35 \text{ мл} - 25 \text{ мл} = 10 \text{ мл};$$

2. Водень і метан реагують повністю, оскільки в залишку – кисень.

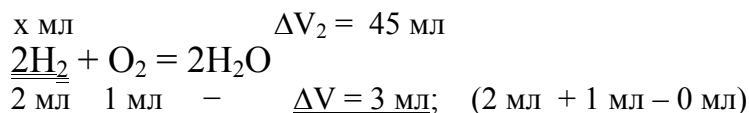


$$V(\text{CH}_4) = 10 \text{ мл}; \quad \Delta V_1 = 20 \text{ мл};$$

3. Зміна об'єму газової суміші при взаємодії водню з киснем визначається як різниця між загальною зміною об'єму та зміною об'єму при горінні метану.

$$\Delta V = 100 \text{ мл} - 35 \text{ мл} = 65 \text{ мл} - \text{загальна зміна об'єму};$$

$$\Delta V = 65 \text{ мл} - 20 \text{ мл} = 45 \text{ мл} - \text{зміна об'єму при горінні водню.}$$



$$\frac{x}{2} = \frac{45}{3}; \quad x = \frac{2 \cdot 45}{3}; \quad x = 30 \text{ (мл)}; \quad V(\text{H}_2) = 30 \text{ мл}$$

4. $V(\text{O}_2) = 100 \text{ мл} - 10 \text{ мл} - 30 \text{ мл} = 60 \text{ мл}$

5. $\varphi(\text{O}_2) = \frac{60 \text{ л}}{100 \text{ л}} = 0,6 \quad \varphi(\text{H}_2) = 0,3; \quad \varphi(\text{CH}_4) = 0,1.$

Відповідь: $\varphi(\text{CH}_4) = 0,1; \varphi(\text{H}_2) = 0,3; \varphi(\text{O}_2) = 0,6$

5. До суміші об'ємом 560 мл етилену та ацетилену додали 1440 мл водню. Після пропускання одержаної суміші над платиновим каталізатором її об'єм зменшився на 33,6 % порівняно з загальним об'ємом вихідної суміші. Обчислити об'єм етилену у вихідній суміші. Об'єми газів виміряні за однакових умов.

Дано:

$$\begin{aligned} V(\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_2) &= 560 \text{ мл} \\ V(\text{H}_2) &= 1440 \text{ мл} \\ \Delta V &= 0,336 \cdot V(\text{вихідної суміші}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi\%(\text{C}_2\text{H}_4) - ? \\ \varphi\%(\text{C}_2\text{H}_2) - ? \end{aligned}$$

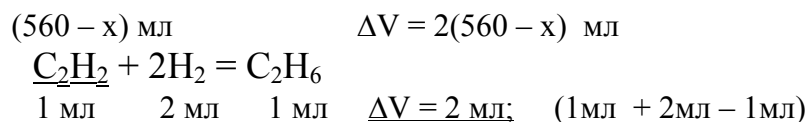
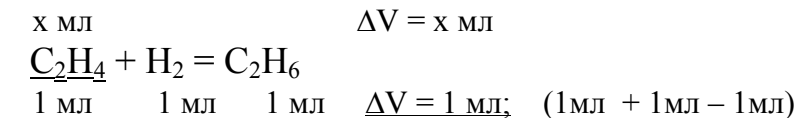
Розв'язання

1. $\Delta V = 0,336 \cdot V(\text{вихідної суміші});$

$$\Delta V = 0,336 \cdot (560 \text{ мл} + 1440 \text{ мл}) = 672 \text{ мл};$$

2. Обидві речовини реагують з воднем. При цьому відбувається зміна об'єму газової суміші в кожній реакції. Застосовуємо алгебраїчний метод

розв'язування задачі. Позначаємо об'єм C_2H_4 за x мл, тоді об'єм C_2H_2 дорівнює $(560 - x)$ мл. За законом об'ємних відношень знаходимо зміну об'єму газової суміші за першим і другим рівнянням та складаємо рівняння з одним невідомим.



$$672 = x + 2(560 - x)$$

$$672 = x + 1120 - 2x; \quad x = 448 \text{ (мл)}; \quad V(C_2H_4) = 448 \text{ мл}$$

$$3. \quad V(C_2H_2) = 560 \text{ мл} - 448 \text{ мл} = 112 \text{ мл.}$$

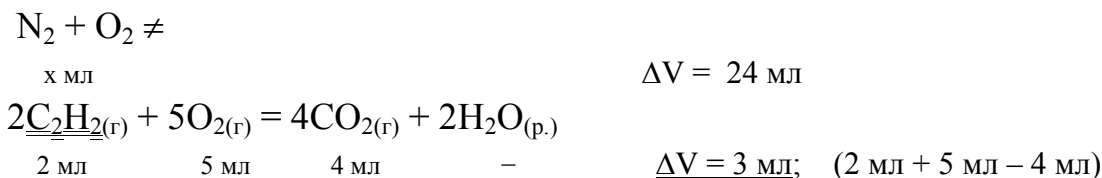
Відповідь: 448 мл C_2H_4 та 112 мл C_2H_2

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. До 20 мл (н.у.) суміші ацетилену і азоту додали 60 мл (н.у.) кисню і підпалили. Після реакції об'єм суміші становив 56 мл (н.у.). Визначити склад вихідної суміші за об'ємом в %.

Алгоритм розв'язування

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Визначити зміну об'єму газів при протіканні реакції.
 $\Delta V = (20 \text{ мл} + 60 \text{ мл}) - 56 \text{ мл} = 24 \text{ мл};$
3. Записати рівняння можливих реакцій, зазначивши агрегатний стан речовин при відповідних умовах. Відобразити зміну об'єму при протіканні реакції.



4. Обчислити об'єми вихідних газів.

При взаємодії 2 мл C_2H_2 зміна об'єму газів 3 мл.

При взаємодії x мл C_2H_2 зміна об'єму газів 24 мл.

$$\frac{x}{2} = \frac{24}{3}; \quad x = 16 \text{ (мл)} \quad V(C_2H_2) = 16 \text{ мл}; \quad V(N_2) = 4 \text{ мл.}$$

5. Обчислити об'ємні частки (%) газів у суміші.

$$\varphi_{\%}(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{16 \text{ мл} \cdot 100 \%}{20 \text{ мл}} = 80 \% ; \quad \varphi_{\%}(\text{N}_2) = \frac{4 \text{ мл} \cdot 100 \%}{20 \text{ мл}} = 20 \%$$

6. Записати відповідь.

Відповідь: 80 % C_2H_2 ; 20 % N_2

2. Після змішування 50 мл суміші нітроген(II) оксиду і азоту з 25 мл повітря об'єм газів становив 70 мл. До утвореної суміші додали ще 145 мл повітря, після чого об'єм суміші становив 200 мл. Визначити склад суміші нітроген(II) оксиду і азоту (в %) за об'ємом.

Орієнтовні дії

Обчисліть зміну об'єму газів після першого та другого додавання повітря. Визначте об'єм нітроген(II) оксиду в кожному випадку та сумарний об'єм цього газу.

Відповідь: 80 % нітроген(II) оксиду, 20 % азоту.

3. До суміші газів, яка складається з 20 мл (н.у.) пропану та 49 мл (н.у.) бутану, додали надлишок кисню, після чого суміш підірвали. На скільки мілілітрів зменшився об'єм газової суміші після приведення її до нормальних умов.

Орієнтовні дії

Обчисліть зміну об'ємів газової суміші в кожній реакції та додайте їх.

Відповідь: об'єм газової суміші зменшиться на 200 мл

4. До 100 мл (н.у.) суміші ацетилену та бутану додали 500 мл (н.у.) кисню. Після спалювання суміші та приведення умов до початкових об'єм утвореної газової суміші склав 360 мл. Визначте об'єм ацетилену та бутану в суміші.

Орієнтовні дії

Обидві речовини реагують з киснем. При цьому відбувається зміна об'єму газової суміші в кожній реакції. Застосовуємо алгебраїчний метод розв'язування задачі. Позначаємо об'єм одного газу за x мл та виражаємо об'єм іншого газу. Визначаємо зміну об'ємів газової суміші в кожній реакції. Складаємо рівняння з одним невідомим.

Відповідь: 55 мл ацетилену та 45 мл бутану

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. В 900 мл суміші нітроген(II) оксиду з повітрям містилося 62,23 % азоту. Після реакції вміст азоту збільшився до 70 %. Визначити склад суміші (у %) до і після реакції. (Відповідь: до реакції 62,2 % N_2 , 22,2 % NO ; 15,6 % O_2 ; після реакції 70 % N_2 , 25 % NO_2 ; 5 % O_2).

2. Змішали 40 мл суміші азоту і нітроген(II) оксиду з 65 мл повітря. Після реакції об'єм утвореної суміші становив 100 мл. Визначити об'ємну частку газів взятої і отриманої суміші. (Відповідь: вихідна суміш 25 % нітроген(II) оксиду, 75 % азоту; добута суміш: 10 % нітроген(VI) оксиду, 82 % азоту, 8 % кисню)
3. В евдіометрі вибухнула суміш 500 мл повітря з 20 мл суміші етану і бутану, густина якої за воднем становить 17,8. Визначити об'ємний склад утвореної суміші. Як зміниться тиск в евдіометрі, якщо до реакції умови були нормальними? (Відповідь: 400 мл азоту, 16 мл кисню, 48 мл вуглекислого газу; $P = 678$ мм. рт. ст)
4. В евдіометрі спалили 20 мл суміші, що складається з азоту, водню і кисню. Відносна густина суміші за воднем становить 14. Після приведення газової суміші до початкових умов відбулась конденсація води і об'єм газів становив 17 мл. До утвореної суміші додали 50 мл повітря і знову спалили. Об'єм суміші не змінився. Визначте об'ємну частку компонентів взятої суміші. (Відповідь: 65 % кисню, 25 % азоту, 10 % водню).
5. Суміш етану, етену та бутену має густину за аргоном 0,9. До 2 л цієї суміші додали 2 л водню і пропустили над нагрітим платиновим катализатором. В результаті об'єм газової суміші зменшився на 1 л. Обчисліть об'ємні частки (%) вихідної суміші. Вимірювання об'ємів проводилося за однакових умов. (Відповідь: 50 % C_2H_6 ; 25 % C_2H_4 ; 25 % C_4H_8).
6. До 70 мл суміші етену, азоту та етану добавили 315 мл кисню. Суміш підпалили. Об'єм утвореної суміші після приведення її до початкових умов склав 270 мл. Після поглинання вуглекислого газу лугом залишилося 170 мл газової суміші, яка містить 11,77 % газу, що не горить. Визначте об'ємний склад вихідної суміші. Всі виміри об'ємів газів проведені за нормальних умов. (Відповідь: 20 мл C_2H_4 ; 20 мл N_2 ; 30 мл C_2H_6)

4.5. Розрахунки за рівняннями хімічних реакцій, які відбуваються у розчинах

4.5.1. Задачі на приготування розчинів, які супроводжуються хімічними реакціями

Приклади розв'язання задач

1. Сульфур(IV) оксид об'ємом 2,8 л (н.у.) розчинили в 492 мл води. Обчислити масову частку (%) сульфітної кислоти в утвореному розчині.

Дано:	Розв'язання
$V(SO_2) = 2,8$ л $V(H_2O) = 492$ мл $w\%(H_2SO_3) = ?$	Сульфур(IV) оксид взаємодіє з водою, тому розчиненою речовиною буде сульфітна кислота. 1. $v = \frac{V}{V_m}$; $v(SO_2) = \frac{2,8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,125$ моль

$$\begin{aligned}
2. \quad \rho &= \frac{m}{V}; \quad m = \rho \cdot V; \quad \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл}; \\
m(\text{H}_2\text{O}) &= 1 \text{ г/мл} \cdot 492 \text{ мл} = 492 \text{ г} \\
3. \quad v &= \frac{m}{M} \qquad v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{492 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 27,3 \text{ моль} \\
4. \quad & \begin{array}{ccccc} 0,125 \text{ моль} & 27,3 \text{ моль} & 0,125 \text{ моль} \\ \text{SO}_2 & + & \text{H}_2\text{O} & = & \text{H}_2\text{SO}_3 \\ 1 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} \end{array} \\
& v(\text{SO}_2) < v(\text{H}_2\text{O}), \quad \text{H}_2\text{O} \text{ взята у надлишку} \\
& v(\text{H}_2\text{SO}_3) = v(\text{SO}_2); \quad v(\text{H}_2\text{SO}_3) = 0,125 \text{ моль} \\
5. \quad m &= v \cdot M; \quad M(\text{H}_2\text{SO}_3) = 82 \text{ г/моль}; \\
m(\text{H}_2\text{SO}_3) &= 0,125 \text{ моль} \cdot 82 \text{ г/моль} = 10,25 \text{ г} \\
6. \quad M(\text{SO}_2) &= 64 \text{ г/моль}; \\
m(\text{SO}_2) &= 0,125 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 8 \text{ г} \\
7. \quad m(\text{розчину}) &= m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{SO}_2); \\
m(\text{розчину}) &= 492 \text{ г} + 8 \text{ г} = 500 \text{ г} \\
8. \quad w_{\%} &= \frac{m(\text{р.р.}) \cdot 100 \%}{m(\text{р} - \text{ну})}; \\
w_{\%}(\text{H}_2\text{SO}_3) &= \frac{10,25 \text{ г} \cdot 100 \%}{500 \text{ г}} = 2,05 \% \\
\text{Відповідь: } & 2,05 \%
\end{aligned}$$

2. В якому об'ємі води треба розчинити 5,6 л (н.у.) сульфур(IV) оксиду, щоб утворився 4 %-ний розчин сульфїтної кислоти?

Дано:

$$\begin{aligned}
V(\text{SO}_2) &= 5,6 \text{ л} \\
w_{\%}(\text{H}_2\text{SO}_3) &= 4 \% \\
\hline
V(\text{H}_2\text{O}) &= ?
\end{aligned}$$

Розв'язання
І спосіб

$$\begin{aligned}
1. \quad v &= \frac{V}{V_m}; \quad v(\text{SO}_2) = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль} \\
2. \quad & \begin{array}{ccccc} 0,25 \text{ моль} & & y \text{ моль} & & x \text{ моль} \\ \text{SO}_2 & + & \text{H}_2\text{O} & = & \text{H}_2\text{SO}_3 \\ 1 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} \end{array} \\
3. \quad x &= 0,25 \text{ (моль)}; \quad v(\text{H}_2\text{SO}_3) = 0,25 \text{ моль} \\
v &= \frac{m}{M} \quad m = v \cdot M; \quad M(\text{H}_2\text{SO}_3) = 82 \text{ г/моль}
\end{aligned}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_3) = 0,25 \text{ моль} \cdot 82 \text{ г/моль} = 20,5 \text{ г}$$

$$4. M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль};$$

$$m(\text{SO}_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 18 \text{ г}$$

$$5. w\% = \frac{m(\text{р.р.}) \cdot 100\%}{m(\text{р-ну})}; \quad m(\text{р-ну}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{SO}_2);$$

$$w\%(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_3) \cdot 100\%}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{SO}_2)}$$

Позначимо $m(\text{H}_2\text{O})$ за x г

$$\frac{20,5 \cdot 100\%}{18 + x} = 4\% \quad x = 494,5 \text{ (г)} \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 494,5 \text{ г}$$

$$6. \rho = \frac{m}{V}; \quad V = \frac{m}{\rho}; \quad \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл};$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{494,5 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 494,5 \text{ мл}$$

Відповідь: 494,5 мл H_2O

II спосіб

$$5. m(\text{р-ну}) = \frac{20,5 \text{ г}}{0,04} = 512,5 \text{ г}$$

$$6. m(\text{H}_2\text{O}) = 512,5 \text{ г} - 18 \text{ г} = 494,5 \text{ г}$$

$$7. V(\text{H}_2\text{O}) = 494,5 \text{ мл}$$

Відповідь: 494,5 мл H_2O

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. Який об'єм сульфур(IV) оксиду необхідно розчинити в 1009 г води, щоб утворився 2 % розчин сульфітної кислоти?

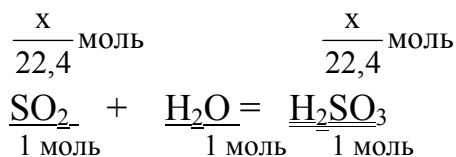
Алгоритм розв'язування

1. Записати скорочену умову задачі.

2. Позначити об'єм розчиненого газу за x і виразити кількість речовини.

$$V(\text{SO}_2) = x \text{ л}; \quad \nu(\text{SO}_2) = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}};$$

3. Записати рівняння реакції взаємодії газу з водою і виразити кількість речовини продукту реакції – розчиненої речовини.



4. Виразити масу розчиненої речовини.

$$m(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{x}{22,4} \cdot 82 \text{ (г)}$$

5. Виразити масу розчиненого газу.

$$m = v \cdot M; M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль}; m(\text{SO}_2) = \frac{x \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 64 \text{ г/моль};$$

6. Виразити масову частку розчиненої речовини в розчині.

$$w_{\%}(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_3) \cdot 100 \%}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{SO}_2)}; \quad 2 \% = \frac{\frac{82x}{22,4} 100 \%}{1009 + \frac{64x}{22,4}}; \quad x = 5,56 \text{ (л)}$$

7. Записати відповідь.

Відповідь: 5,56 л SO_2

2. Визначте масу 8 % розчину натрій гідроксиду, в якому необхідно розчинити 49,6 г натрій оксиду, щоб утворився 16 %-ний розчин лугу.

Орієнтовні дії

Позначити масу розчину натрій гідроксиду за x г, виразити масу натрій гідроксиду. Обчислити кількість речовини натрій оксиду та натрій гідроксиду, який утвориться при взаємодії з оксиду водою. Виразити загальну масу натрій гідроксиду у розчині. Записати вираз для розрахунку масової частки розчиненої речовини в розчині. Розв'язати рівняння з одним невідомим.

Відповідь: 700,8 г розчину

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. В якій масі розчину сульфітної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 1 % слід розчинити 3,36 л (н.у.) сульфур(IV) оксиду, щоб одержати розчин з масовою часткою кислоти 2 %. (Відповідь: 1211 г)
2. Який об'єм сульфур(IV) оксиду і 1 %-ного розчину сульфітної кислоти слід взяти, щоб одержати 1211 г 2 %-ного розчину сульфітної кислоти. (Відповідь: 3,36 л SO_2)
3. Визначити масу натрій оксиду, яку необхідно розчинити в 253,5 г води для одержання розчину з концентрацією лугу 20 %. (Відповідь: 39,4 г Na_2O)
4. Визначте масу натрій оксиду, який необхідно розчинити в 350,4 г 8 % розчину натрій гідроксиду, щоб утворився 16 %-ний його розчин. (Відповідь: 24,8 г Na_2O).
5. Визначте маси натрій оксиду та 8 % розчину натрій гідроксиду, необхідні для приготування 740,5 г 16 %-ного розчину натрій гідроксиду. (Відповідь: 49,6 г Na_2O і 700,8 г 8 %-ного розчину NaOH).
6. До 200 г 16 %-ного розчину натрій гідроксиду додали 5 г натрію. Встановіть масову частку речовини в утвореному розчині. (Відповідь: 19,2 %)
7. Яку масу калій оксиду потрібно розчинити у 350 мл розчину калій гідроксиду ($\rho = 1,08$ г/мл) з масовою часткою лугу 10 %, щоб збільшити масову частку розчиненої речовини у 2 рази? (Відповідь: 38,2 г K_2O)

8. Яку масу барію слід розчинити в 300 г розчину барій гідроксиду з масовою часткою 0,05, щоб одержати розчин з масовою часткою речовини 3,2 %? (Відповідь: 7,87 г барію)
9. Яку масу металічного натрію необхідно взяти, щоб при взаємодії його з 1 л води утворився 2 %-ний розчин натрій гідроксиду. (Відповідь: 11,6 г Na).
10. В якій масі розчину ортофосфатної кислоти з масовою часткою кислоти 20 % необхідно розчинити 28,4 г фосфор(V) оксиду, щоб одержати розчин з масовою часткою кислоти 35 %. (Відповідь: 195 г)
11. Фосфор(V) оксид, що утворився внаслідок спалювання фосфору в кисні, розчинили в 500 мл 85 %-ного розчину ортофосфатної кислоти ($\rho = 1,7 \text{ г/см}^3$). При цьому концентрація ортофосфатної кислоти збільшилася на 7,8 %. Скільки грамів фосфору було спалено? (Відповідь: 62 г фосфору).

4.5.2. Задачі на приготування розчинів з використанням олеуму

Олеум – це розчин сульфур(VI) оксиду в сульфатній кислоті. При розчиненні олеуму в воді відбувається хімічна реакція:



Це призводить до утворення розчину сульфатної кислоти.

а) до олеуму додають сульфур(VI) оксид

Приклад розв'язання задачі

До 200 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 20 % додали 60 г SO_3 . Визначте масову частку (%) розчиненої речовини в утвореному розчині.

Дано:

$$m(\text{олеуму}) = 200 \text{ г}$$

$$w\%(\text{SO}_3) = 20 \%$$

$$m_1(\text{SO}_3) = 60 \text{ г}$$

$$w\%_1 - ?$$

Розв'язання

1. Обчислимо масу сульфур(VI) оксиду в олеумі:

$$w\% = \frac{m(\text{р.р.}) \cdot 100\%}{m(\text{розчину})}; \quad m(\text{р.р.}) = \frac{m(\text{розчину}) \cdot w\%}{100\%}$$

$$m(\text{SO}_3) = \frac{200 \text{ г} \cdot 20\%}{100\%} = 40 \text{ г}$$

2. Обчислимо загальну масу SO_3 в утвореному розчині.

$$m(\text{SO}_3) = 60 \text{ г} + 40 \text{ г} = 100 \text{ г}$$

3. Обчислимо масу утвореного розчину.

$$m(\text{розчину}) = m(\text{олеуму}) + m_1(\text{SO}_3);$$

$$m(\text{розчину}) = 200 \text{ г} + 60 \text{ г} = 260 \text{ г}$$

4. Обчислимо масову частку SO_3 в утвореному розчині:

$$w\% = \frac{m(\text{р.р.}) \cdot 100\%}{m(\text{розчину})}; \quad w\%(\text{SO}_3) = \frac{100 \text{ г} \cdot 100\%}{260 \text{ г}} = 38,5 \%$$

Відповідь: 38,5 %

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. Яку масу олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 8 % необхідно додати до 80 г SO_3 , щоб одержати 200 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 %.

Алгоритм розв'язування

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Позначити масу олеуму, який необхідно взяти за x .
3. Виразити масу SO_3 в олеумі.

$$m(\text{p.p.}) = m(\text{розчину}) \cdot w; \quad m(\text{SO}_3) = x \cdot 0,08$$

4. Виразити масу SO_3 в утвореному олеумі.

$$m(\text{SO}_3) = x \cdot 0,08 + 80 \text{ (г)}$$

5. Виразити масу утвореного олеуму.

$$m(\text{олеуму}) = x + 80 \text{ (г)};$$

6. Виразити масову частку SO_3 в утвореному олеумі.

$$w\% = \frac{m(\text{p.p.}) \cdot 100\%}{m(\text{p. - ну})}; \quad w\%(\text{SO}_3) = \frac{(x \cdot 0,08 + 80) \cdot 100\%}{x + 80}$$

7. Розв'язати рівняння з однією змінною.

$$x = 380 \text{ г}$$

8. Записати відповідь.

Відповідь: 380 г олеуму.

2. Яку масу сульфур(VI) оксиду необхідно додати до 100 г 24 % олеуму, щоб одержати олеум з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 32 %.

Орієнтовні дії

Обчислити масу SO_3 в олеумі. Позначивши масу сульфур(VI) оксиду, який необхідно додати за x г, виразити масу SO_3 в утвореному олеумі. Записати вираз для обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині. Розв'язати рівняння з одним невідомим.

Відповідь: 11,8 г

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Які маси 18 % олеуму та сульфур(VI) оксиду необхідно взяти, щоб одержати 100 г олеуму з масовою часткою SO_3 24 %. (Відповідь: 92,7 г олеуму та 7,3 г SO_3)
2. Яку масу олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 12 % необхідно додати до 20 г SO_3 , щоб одержати 160 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 %. (Відповідь: 153,3 г)

б) змішують олеум та воду

Якщо змішують розчин сульфатної кислоти або води з олеумом можливо утворення наступних продуктів:

1) 100 % сульфатна кислота (H_2SO_4), якщо
 $v(\text{SO}_3)$ [міститься в олеумі] = $v(\text{H}_2\text{O})$ [міститься в розчині кислоти].

2) Розчин сульфатної кислоти, якщо
 $v(\text{SO}_3)$ [міститься в олеумі] < $v(\text{H}_2\text{O})$ [міститься в розчині кислоти].

В такому випадку обчислюють $w\%(\text{H}_2\text{SO}_4)$.

3) Олеум, якщо
 $v(\text{SO}_3)$ [міститься в олеумі] > $v(\text{H}_2\text{O})$ [міститься в розчині кислоти].

В такому випадку обчислюють $w\%(\text{SO}_3)$.

Приклад розв'язання задачі

Змішали 120 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 % та 10 г води. Визначте масову частку (%) розчиненої речовини в утвореному продукті.

Дано:

$$m(\text{олеуму}) = 120 \text{ г}$$

$$w\%(\text{SO}_3) = 24 \%$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ г}$$

$$w\% - ?$$

Розв'язання

1. Обчислимо масу сульфур(IV) оксиду в олеумі.

$$w\% = \frac{m(\text{р.р.}) \cdot 100\%}{m(\text{р} - \text{ну})}; \quad m(\text{р.р.}) = \frac{m(\text{р} - \text{ну}) \cdot w\%}{100\%}$$

$$m(\text{SO}_3) = \frac{120 \text{ г} \cdot 24\%}{100\%} = 28,8 \text{ г}$$

2. Обчислимо кількість речовини сульфур(VI) оксиду.

$$v = \frac{m}{M} \quad M(\text{SO}_3) = 80 \text{ г/моль};$$

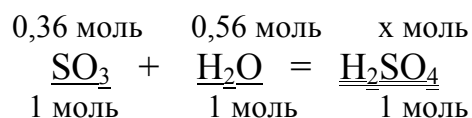
$$v(\text{SO}_3) = \frac{28,8 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 0,36 \text{ моль}$$

3. Обчислимо кількість речовини води.

$$v = \frac{m}{M} \quad M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль};$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{10 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,56 \text{ моль}$$

4. Запишемо рівняння реакції взаємодії сульфур(VI) оксиду з водою:



Для зазначеної хімічної реакції SO_3 реагує повністю, H_2O у надлишку.

$$x = 0,36 \text{ моль}; \quad v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,36 \text{ моль}.$$

5. Обчислимо масу сульфатної кислоти, що утворилася в результаті реакції.

$$m = \nu \cdot M; \quad M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$
$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,36 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 35,28 \text{ г}$$

6. Обчислимо масу H_2SO_4 в олеумі:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{олеуму}) - m(\text{SO}_3);$$
$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 120 \text{ г} - 28,8 \text{ г} = 91,2 \text{ г}$$

7. Обчислимо загальну масу H_2SO_4 в утвореному продукті – розчині сульфатної кислоти.

$$m_{\text{загальна}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 91,2 \text{ г} + 35,28 \text{ г} = 126,48 \text{ г}$$

8. $m(\text{розчину}) = m(\text{олеуму}) + m(\text{H}_2\text{O});$

$$m(\text{розчину}) = 120 \text{ г} + 10 \text{ г} = 130 \text{ г}$$

9. Обчислимо масову частку H_2SO_4 в розчині:

$$w \% = \frac{m(\text{р.р.}) \cdot 100 \%}{m(\text{р-ну})};$$

$$w \%(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{126,48 \text{ г} \cdot 100 \%}{130 \text{ г}} = 97,3 \%$$

Відповідь: 97,3 % розчин H_2SO_4

Задача для розв'язання (напівсамостійна робота)

Яку масу води слід змішати зі 100 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 %, щоб одержати сульфатну кислоту.

Орієнтовні дії

Обчислити масу та кількість речовини сульфур(VI) оксиду в олеумі. Записати рівняння реакції взаємодії сульфур(VI) оксиду з водою. За хімічним рівнянням знайти кількість речовини води, обчислити її масу.

Відповідь: 11,8 г води

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Змішали 50 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 % та 2,7 г води. Визначте масу утвореного продукту. (Відповідь: 52,7 г H_2SO_4)
2. Змішали 120 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 % та 4 г води. Визначте масову частку (%) розчиненої речовини в утвореному продукті. (Відповідь: 9 % SO_3)

в) змішують олеум з розчином сульфатної кислоти

Приклад розв'язання задачі

Змішали 120 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 % та 140 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 88 %. Визначте масову частку розчиненої речовини в утвореному продукті.

Дано:

$$\begin{aligned} m(\text{олеуму}) &= 120 \text{ г} \\ w\%(\text{SO}_3) &= 24 \% \\ m(\text{розчину}) &= 140 \text{ г} \\ w\%(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 88 \% \\ \hline w\% - ? \end{aligned}$$

Розв'язання

1. Обчислимо масу сульфур(VI) оксиду в олеумі:

$$w\% = \frac{m(\text{р.р.}) \cdot 100 \%}{m(\text{р} - \text{ну})}; \quad m(\text{р.р.}) = \frac{m(\text{р} - \text{ну}) \cdot w\%}{100 \%}$$

$$m(\text{SO}_3) = \frac{120 \text{ г} \cdot 24 \%}{100 \%} = 28,8 \text{ г}$$

2. Обчислимо кількість речовини сульфур(VI) оксиду:

$$\nu = \frac{m}{M} \quad M(\text{SO}_3) = 80 \text{ г/моль};$$

$$\nu(\text{SO}_3) = \frac{28,8 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 0,36 \text{ моль}$$

3. Обчислимо масу сульфатної кислоти в розчині:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{140 \text{ г} \cdot 88\%}{100\%} = 123,2 \text{ г}$$

4. Обчислимо масу води в розчині:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{розчину}) - m(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

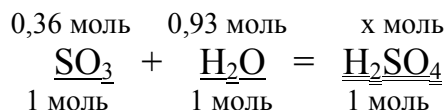
$$m(\text{розчину}) = 140 \text{ г} - 123,2 \text{ г} = 16,8 \text{ г}$$

5. Обчислимо кількість речовини води:

$$\nu = \frac{m}{M} \quad M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль};$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{16,8 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,93 \text{ моль}$$

6. Запишемо рівняння реакції взаємодії сульфур(VI) оксиду з водою:



Для зазначеної хімічної реакції SO_3 реагує повністю, H_2O у надлишку.

$$x = 0,36 \text{ моль}; \quad \nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,36 \text{ моль}.$$

В такому випадку утвориться розчин сульфатної кислоти.

7. Обчислимо масу сульфатної кислоти, що утворилася в результаті реакції.

$$m = v \cdot M; \quad M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,36 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 35,28 \text{ г}$$

8. Обчислимо масу H_2SO_4 в олеумі:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{олеуму}) - m(\text{SO}_3);$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 120 \text{ г} - 28,8 \text{ г} = 91,2 \text{ г}$$

9. Обчислимо загальну масу H_2SO_4 в утвореному продукті – розчині сульфатної кислоти.

$$m_{\text{загальна}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 91,2 \text{ г} + 35,28 \text{ г} = 126,48 \text{ г}$$

9. $m_{\text{утвореного}}(\text{розчину}) = m(\text{олеуму}) + m(\text{розчину});$

$$m_{\text{утвореного}}(\text{розчину}) = 120 \text{ г} + 140 \text{ г} = 260 \text{ г}$$

10. Обчислимо масову частку H_2SO_4 в розчині:

$$w_{\%} = \frac{m(\text{р.р.}) \cdot 100\%}{m(\text{р} - \text{ну})};$$

$$w_{\%}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{126,48 \text{ г} \cdot 100\%}{260 \text{ г}} = 48,6 \%$$

Відповідь: утвориться 48,6 % розчин H_2SO_4

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. Яку масу олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 % слід додали до 130 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 95 %, щоб одержати сульфатну кислоту.

Орієнтовні дії

Обчислити масу води в розчині сульфатної кислоти і знайти її кількість речовини. Записати рівняння реакції взаємодії сульфур(VI) оксиду з водою. За хімічним рівнянням знайти кількість речовини сульфур(VI) оксиду, обчислити його масу. Застосувати формулу для обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині до олеуму. Розрахувати його масу.

Відповідь: 120 г

2. Яку масу розчину з масовою часткою натрій гідроксиду 20 % необхідно взяти для нейтралізації 160 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 12 %.

Орієнтовні дії

Обчислити масу сульфатної кислоти, яку можна одержати з запропонованої маси олеуму. Записати рівняння реакції взаємодії сульфатної кислоти з натрій гідроксидом. Провести розрахунки за рівнянням хімічної реакції. За кількістю речовини натрій гідроксиду обчислити його масу та розрахувати масу розчину.

або

Обчислити масу сульфур(VI) оксиду та масу сульфатної кислоти в олеумі. Записати рівняння реакції взаємодії сульфатної кислоти з натрій гідроксидом та рівняння реакції взаємодії сульфур(VI) оксиду з NaOH. Провести розрахунки за кожним рівнянням хімічної реакції. Обчислити загальну кількість речовини лугу. Розрахувати масу натрій гідроксиду та масу його розчину.

Відповідь: 672 г

Розрахункові задачі на олеум для самостійного розв'язання

1. До 120 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 24 % додали 120 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 98 %. Визначте масову частку розчиненої речовини в утвореному продукті. (Відповідь: 7,7 % SO_3)
2. Яку масу олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 16 % слід додати до 180 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 92 %, щоб одержати розчин з масовою часткою сульфатної кислоти 98 %. (Відповідь: 193 г олеуму)
3. Яку масу олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 16 % слід додати до 180 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 92 %, щоб одержати олеум з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 4 %. (Відповідь: 593,3 г олеуму)
4. Яку масу олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 16 % та розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 92 % слід взяти, щоб одержати 100 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 98 %. (Відповідь: 51,7 г олеуму)
5. Змішали 200 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 51,7 % та олеум масою 40 г з масовою часткою SO_3 40 %. Яку масу барій хлориду необхідно взяти для повного осадження сульфат йонів. (Відповідь: 312 г $BaCl_2$)
6. Яку масу розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 20 % слід змішати з 12 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 20 %, щоб одержати розчин, що містить таку кількість сульфат йонів, яку можна осадити 36 г барій нітрату. (Відповідь: 49 г р-ну H_2SO_4)
7. Для нейтралізації розчину з масовою часткою калій гідроксиду 15 % необхідно 80 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 12 %. Обчисліть масу розчину калій гідроксиду. (Відповідь: 625,7 г р-ну KOH)
8. Для нейтралізації 160 г розчину з масовою часткою калій гідроксиду 20 % використали олеум з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 4 %. Обчисліть масу олеуму. (Відповідь: 27,8 г олеуму)

4.6. Розрахунки за рівняннями реакції між розчином солі та металом

При зануренні металічної пластинки в розчин солі менш активного металу, в реакцію заміщення вступає лише частина речовини металу пластинки. Вона при цьому вкривається шаром металу, який заміщує метал пластинки. Оскільки відносні атомні маси металів різні, то відбувається зміна маси пластинки.

1. Маса пластинки може збільшуватися, якщо метал з меншою відносною атомною масою заміщується металом з більшою відносною атомною масою. Наприклад, при заміщенні атомів Феруму залізної пластинки атомами Купруму.

2. Маса пластинки може зменшуватися, якщо метал з більшою відносною атомною масою заміщується металом з меншою відносною атомною масою. Наприклад, при заміщенні атомів Кадмію кадмієвої пластинки атомами Купруму.

При цьому зміна маси пластинки пропорційна кількості речовини металу, що прореагував.

Приклади розв'язання задач

1. Цинкову пластинку масою 19,5 г помістили в розчин купрум(II) сульфату. Після витіснення всієї міді маса промитої і висушеної пластинки стала 19,4 г. Визначте масу цинку, що прореагував.

Дано:	Розв'язання												
$m_1(\text{пластинки}) = 19,5 \text{ г}$ $m_2(\text{пластинки}) = 19,4 \text{ г}$ $m(\text{Zn}) - ?$	І спосіб 1. Зменшення маси пластинки становить $\Delta m = 19,5 \text{ г} - 19,4 \text{ г} = 0,1 \text{ г}$ 2. <table><tr><td>$x \text{ г}$</td><td></td><td>$\Delta m = 0,1 \text{ г}$</td></tr><tr><td>$\text{Zn} + \text{CuSO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$</td><td></td><td></td></tr><tr><td>1 моль</td><td>1 моль</td><td></td></tr><tr><td>65 г</td><td>64 г</td><td><u>$\Delta m = 1 \text{ г}$</u></td></tr></table> Якщо прореагує 65 г Zn зміна маси пластинки – 1 г, $x \text{ г Zn}$ – 0,1 г. $x = \frac{65 \text{ г} \cdot 0,1 \text{ г}}{1 \text{ г}} = 6,5 \text{ г}.$ Відповідь: 6,5 г цинку	$x \text{ г}$		$\Delta m = 0,1 \text{ г}$	$\text{Zn} + \text{CuSO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$			1 моль	1 моль		65 г	64 г	<u>$\Delta m = 1 \text{ г}$</u>
$x \text{ г}$		$\Delta m = 0,1 \text{ г}$											
$\text{Zn} + \text{CuSO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$													
1 моль	1 моль												
65 г	64 г	<u>$\Delta m = 1 \text{ г}$</u>											

2. У розчин, що містить аргентум нітрат, помістили кадмієву пластинку. Після повного витіснення аргентуму маса пластинки змінилась на 2,08 г. Визначте масу срібла, осадженого на пластинці і масу солі, яка прореагувала.

Дано:	Розв'язання												
$\Delta m(\text{пластинки}) = 2,08 \text{ г}$	1. Збільшення маси пластинки відбулося тому, що згідно з рівнянням 2 моль Ag замінили 1 моль Cd.												
$m(\text{Ag}) - ?$ $m(\text{AgNO}_3) - ?$	2. <table><tr><td>$y \text{ г}$</td><td>$x \text{ г}$</td><td>$\Delta m = 2,08 \text{ г}$</td></tr><tr><td>$\text{Cd} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$</td><td></td><td></td></tr><tr><td>1 моль 2 моль</td><td>2 моль</td><td></td></tr><tr><td>112 г 340 г</td><td>216 г</td><td>$\Delta m = 104 \text{ г}$</td></tr></table> Якщо утвориться 216 г Ag, зміна маси пластинки 104 г, якщо утвориться $x \text{ г Ag}$, зміна маси пластинки 2,08 г.	$y \text{ г}$	$x \text{ г}$	$\Delta m = 2,08 \text{ г}$	$\text{Cd} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$			1 моль 2 моль	2 моль		112 г 340 г	216 г	$\Delta m = 104 \text{ г}$
$y \text{ г}$	$x \text{ г}$	$\Delta m = 2,08 \text{ г}$											
$\text{Cd} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$													
1 моль 2 моль	2 моль												
112 г 340 г	216 г	$\Delta m = 104 \text{ г}$											

$$x = \frac{216 \text{ г} \cdot 2,08 \text{ г}}{104 \text{ г}} = 4,32 \text{ г}$$

3.

Якщо прореагує 340 г AgNO_3 , зміна маси пластинки 104 г,

якщо прореагує у г AgNO_3 , зміна маси пластинки 2,08 г

$$y = \frac{340 \text{ г} \cdot 2,08 \text{ г}}{104 \text{ г}} = 6,8 \text{ г}$$

Відповідь: 4,32 г срібла; 6,8 г AgNO_3

3. У склянку, що містить 320 г розчину купрум(II) сульфату з масовою часткою солі 10 %, помістили цинкову пластинку. Після повного витіснення купруму маса пластинки зменшилась на 2 %. Визначте початкову масу пластинки.

Дано:

$$\begin{aligned} m(\text{р-ну}) &= 320 \text{ г} \\ w\%(\text{CuSO}_4) &= 10 \% \\ \Delta\%m &= 2 \% \end{aligned}$$

Розв'язання

$$\begin{aligned} 1. m(\text{р.р.}) &= m(\text{р-ну}) \cdot w; \\ m(\text{CuSO}_4) &= 320 \text{ г} \cdot 0,10 = 32 \text{ г}; \end{aligned}$$

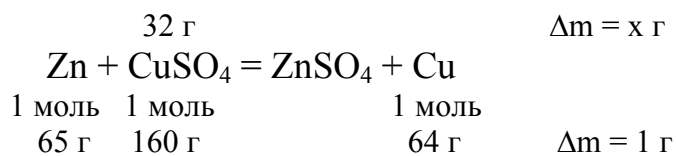
$$2. \nu = \frac{m}{M} \quad M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{CuSO}_4) = \frac{32 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$m_{\text{поч.}}(\text{пластинки}) - ?$$

3. Обчислимо зміну маси пластинки або за масою CuSO_4 або за кількістю речовини CuSO_4 :

а) за масою CuSO_4



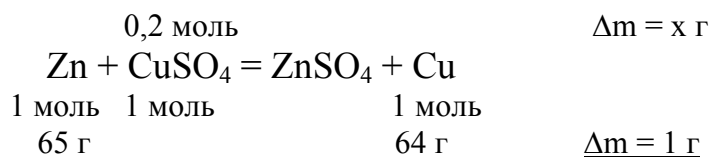
Якщо прореагує 160 г CuSO_4 , зміна маси пластинки 1 г

Якщо прореагує 32 г CuSO_4 , зміна маси пластинки x г

$$x = \frac{32 \text{ г} \cdot 1 \text{ г}}{160 \text{ г}};$$

$$x = 0,2 \text{ г}$$

б) за кількістю речовини CuSO_4



Якщо прореагує 1 моль CuSO_4 зміна маси пластинки 1 г

Якщо прореагує 0,2 моль CuSO_4 зміна маси пластинки x г

$$x = \frac{0,2 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г}}{1 \text{ моль}} ; \quad x = 0,2 \text{ г}$$

$$4. \Delta \% m = \frac{\Delta m \cdot 100 \%}{m_{\text{поч}}(\text{пластинки})} ;$$

$$m_{\text{поч}}(\text{пластинки}) = \frac{\Delta m \cdot 100 \%}{\Delta \% m}$$

$$m_{\text{поч}}(\text{пластинки}) = \frac{0,2 \text{ г} \cdot 100 \%}{2 \%} = 10 \text{ г}$$

Відповідь: початкова маса пластинки 10 г

4. Залізну пластинку масою 6,35 г помістили в 200 г 20 %-го розчину купрум(II) сульфату. Через деякий час маса пластинки збільшилася до 7,1 г. Визначити масову частку (%) купрум(II) сульфату та ферум(II) сульфату в одержаному розчині.

Дано:

$m_1(\text{пластинки}) = 6,35 \text{ г}$
 $m(\text{розчину}) = 200 \text{ г}$
 $w(\text{CuSO}_4) = 20 \%$
 $m_2(\text{пластинки}) = 7,1 \text{ г}$

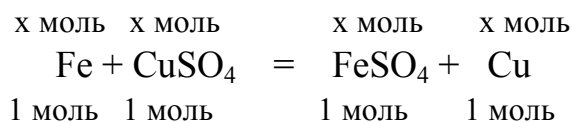
$w\%(\text{CuSO}_4) - ?$

$w\%(\text{FeSO}_4) - ?$

Розв'язання

1. Збільшення маси пластинки відбулося тому, що атоми Fe замістилися атомами Cu.

Нехай прореагувало x моль Fe.



$$m_2(\text{пластинки}) = m_1(\text{пластинки}) - m(\text{Fe}) + m(\text{Cu})$$

$$m = \nu \cdot M; \quad m(\text{Fe}) = x \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль};$$

$$m(\text{Cu}) = x \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль};$$

$$7,1 = 6,35 - 56x + 64x$$

$$x = 0,09375 \text{ (моль)}.$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad m(\text{FeSO}_4) &= 0,09375 \text{ моль} \cdot 152 \text{ г/моль} = 14,25 \text{ г}; \\
 m(\text{CuSO}_4)_{\text{до реакції}} &= 200 \text{ г} \cdot 0,2 = 40 \text{ г}; \\
 m(\text{CuSO}_4)_{\text{що прореагувала}} &= 0,09375 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 15 \text{ г}; \\
 m(\text{CuSO}_4) &= m(\text{CuSO}_4)_{\text{до реакції}} - m(\text{CuSO}_4)_{\text{що прореагувала}} \\
 m(\text{CuSO}_4) &= 40 \text{ г} - 15 \text{ г} = 25 \text{ г}.
 \end{aligned}$$

$$3. \quad m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г} + 14,25 \text{ г} - 15 \text{ г} = 199,25 \text{ г}$$

$$4. \quad w(\text{CuSO}_4) = \frac{25 \text{ г}}{199,25 \text{ г}} = 0,1255, \text{ або } 12,55 \%,$$

$$w(\text{FeSO}_4) = \frac{14,25 \text{ г}}{199,25 \text{ г}} = 0,0715, \text{ або } 7,15 \%.$$

Відповідь: 12,55 % CuSO_4 та 7,15 % FeSO_4

5. В розчин, що містить сульфат двовалентного металу, маса катіонів якого дорівнює 2,24 г, занурили цинкову пластинку. Після повного витіснення металу маса пластинки збільшилася на 0,94 г. Визначте метал.

Дано:

$$\begin{aligned}
 m(\text{Me}^{2+}) &= 2,24 \text{ г} \\
 \Delta m &= 0,94 \text{ г}
 \end{aligned}$$

Me – ?

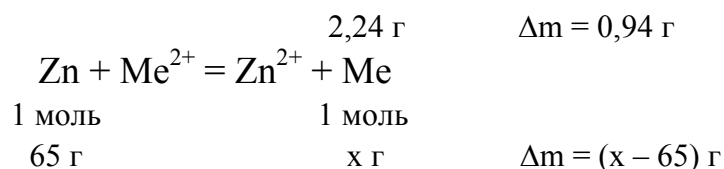
Розв'язання

$$1. \text{ Складаємо рівняння реакцій у загальному вигляді:}$$

$$\text{Zn} + \text{MeSO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{Me}$$

Маса катіонів металу у розчині дорівнює масі металу, що виділиться на пластинці.

Позначимо масу 1 моль невідомого металу за x г.



Якщо прореагує x г Me^{2+} зміна маси пластинки – (x – 65) г,

Якщо прореагує 2,24 г Me^{2+} зміна маси пластинки – 0,94 г

$$\frac{x}{2,24} = \frac{x - 65}{0,94}; \quad x = 112 \text{ (г)} \quad M(\text{Me}) = 112 \text{ г/моль}$$

Me – Cd

Відповідь: Кадмій

6. З металу, що може утворювати двозарядні йони, виготовили дві пластинки однакової маси. Першу пластинку занурили в розчин купрум(II) хлориду, другу – в розчин кадмій(II) хлориду. Через деякий час маса першої пластинки збільшилася на 1,2 %, другої – на 8,4 %. Зменшення молярних концентрацій солей в обох розчинах було однаковим. Визначте метал, з якого виготовлені пластинки.

Дано:

$$\Delta \%m_1 = 1,2 \%$$

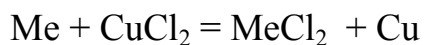
$$\Delta \%m_2 = 8,4 \%$$

Me – ?

Розв'язання

1. Складаємо рівняння реакцій у загальному вигляді.
Маса катіонів металу у розчині дорівнює масі металу, що виділиться на пластинці.

Позначимо масу 1 моль невідомого металу за x г.



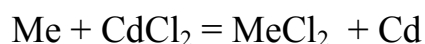
1 моль

1 моль

x г

64 г

$$\Delta m = (64 - x) \text{ г}$$



1 моль

1 моль

x г

112 г

$$\Delta m = (112 - x) \text{ г}$$

Кількість речовини солей, що прореагували,
однакова: $\nu(\text{CuCl}_2) = \nu(\text{CdCl}_2)$.

При однаковому зменшенні молярних концентрацій купрум(II) хлориду і кадмій(II) хлориду, різниця між збільшенням мас пластинок пропорційна різниці молярних мас металів (Cd і невідомого металу та Cu і невідомого металу).

Нехай початкова маса пластинки 100 г.

$$\Delta \%m = \frac{\Delta m \cdot 100 \%}{m_{\text{поч}}(\text{пластинки})};$$

$$m_{\text{поч.}}(\text{пластинки}) = \frac{\Delta m \cdot 100 \%}{\Delta \%m};$$

$$m_{\text{поч.}}(\text{пластинки}) = \frac{(64 - x) \cdot 100 \%}{1,2 \%};$$

$$m_{\text{поч.}}(\text{пластинки}) = \frac{(112 - x) \cdot 100 \%}{8,4 \%};$$

$$\frac{(64 - x) \cdot 100 \%}{1,2 \%} = \frac{(112 - x) \cdot 100 \%}{8,4 \%}$$

$$x = 56 \text{ (г)}$$

$$M(\text{Me}) = 56 \text{ г/моль}$$

Me – Fe

Відповідь: залізо

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

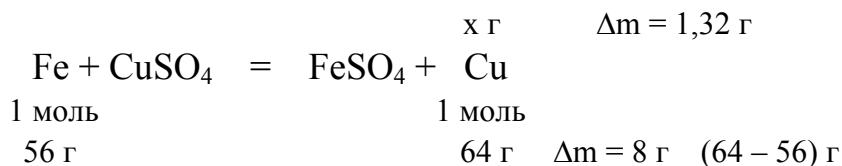
1. Залізну пластинку масою 100 г занурили у розчин купрум(II) сульфату. При цьому маса пластинки збільшилась до 101,3 г. Скільки грамів міді виділилося?

Алгоритм

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Обчислити зміну маси пластинки.

$$\Delta m = 101,3 \text{ г} - 100 \text{ г} = 1,3 \text{ г}$$

3. Скласти рівняння реакції. Визначити зміну маси пластинки згідно з коефіцієнтами рівняння хімічної реакції. Визначити зміну маси пластинки згідно з умовою задачі.



4. Записати міркування, щодо розв'язку задачі, скласти пропорцію та знайти невідоме.

Якщо прореагує 64 г Cu, зміна маси пластинки 8 г.

Якщо прореагує x г Cu, зміна маси пластинки 1,3 г.

$$x = \frac{64 \text{ г} \cdot 1,3 \text{ г}}{8 \text{ г}} = 10,4 \text{ (г)}$$

5. Записати відповідь. Відповідь: 10,4 г міді

Відповідь: 10,4 г міді

2. У розчин купрум(II) хлориду масою 450 г помістили кадмієву пластинку, маса якої становила 8,9 % від маси вихідного розчину. Після повного витіснення міді маса пластинки зменшилась на 40 %. Визначте масову частку купрум(II) хлориду у вихідному розчині.

Орієнтовні дії

Визначити масу кадмієвої пластинки та зміну її маси в результаті реакції. Скласти рівняння реакції, визначити зміну маси пластинки згідно з коефіцієнтами хімічного рівняння. За обчисленою зміною маси пластинки визначити масу купрум(II) хлориду та його масову частку у вихідному розчині.

Відповідь: 10 %

3. У розчин, що містить 3,2 г двовалентного металу в вигляді хлориду, занурили залізну пластинку масою 50 г. Після повного витіснення металу маса пластинки збільшилася на 0,8 %. Визначте метал.

Орієнтовні дії

Позначити молярну масу двовалентного металу за x г/моль. За зміною маси пластинки згідно з хімічним рівнянням у загальному вигляді визначити молярну масу невідомого металу.

Відповідь: мідь

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Мідну пластинку масою 50 г занурили у розчин гідраргірум(II) хлориду. Через певний час маса пластинки збільшилась до 63,7 г. Яка маса міді розчинилась? (Відповідь: 6,4 г)
2. Цинкову пластинку масою 40 г помістили в розчин кадмій сульфату. Після витіснення всього кадмію маса пластинки збільшилась на 6 %. Визначте масу кадмію, який осів на пластинці. (Відповідь: 5,7 г)
3. Мідну пластинку масою 80 г занурили в розчин аргентум нітрату. Через деякий час маса пластинки збільшилась на 3,8 %. Яка маса аргентум нітрату вступила у реакцію? (Відповідь: 6,8 г)
4. Залізну пластинку масою 100 г занурили в 250 г розчину купрум(II) сульфату з масовою часткою солі 20 %. Через певний час маса пластинки збільшилась до 102 г. Визначте масові частки речовин у розчині після вилучення пластинки. (Відповідь: 4,03 % CuSO_4 , 15,32 % FeSO_4)
5. В розчин, що містить 48,75 г гідраргірум(II) нітрату, занурили цинкову пластинку масою 13 г. Розрахуйте масу пластинки після повного витіснення ртуті. (Відповідь: 33,4 г)
6. В 340 г розчину аргентум нітрату з масовою часткою солі 10 % занурили мідну пластинку масою 16 г. Розрахуйте масу пластинки після повного витіснення срібла. (Відповідь: 46,4 г)
7. Залізну пластинку масою 20 г помістили в розчин купрум(II) сульфату масою 500 г з масовою часткою солі 0,1. Визначте масу пластинку у момент, коли масова частка солі зменшилась у два рази. Зміною маси розчину можна знехтувати. (Відповідь: 21,3 г)
8. У розчин, що містить 13 г меркурій(II) хлориду, поставили залізну пластинку. Як змінилась маса пластинки (збільшилась чи зменшилась і наскільки грамів) у момент, коли прореагувало 50 % солі. (Відповідь: збільшилась на 3,5 г)
9. Мідну пластинку масою 13,2 г занурили в 300 г розчину ферум(III) нітрату з масовою часткою 0,112. Через деякий час пластинку вилучили з розчину, а масова частка ферум(III) нітрату у розчині стала дорівнювати масовій частці купрум(II) нітрату. Визначте масу пластинки після дослідів. (Відповідь: 10 г)

10. Нікелеву пластинку масою 25,9 г занурили в 555 г розчину ферум(III) сульфату з масовою часткою 0,1. Через деякий час пластинку вилучили з розчину, а масова частка ферум(III) сульфату у розчині стала дорівнювати масовій частці утвореної солі Нікелю. Визначте масу пластинки після досліду. *(Відповідь: 18,17 г)*
11. У розчин хлориду двовалентного металу, маса катіонів якого дорівнює 12,8 г, занурили нікелеву пластинку. Після повного осадження йонів металу маса пластинки збільшилася на 1,8 г. Визначте метал. *(Відповідь: мідь)*
12. Водний розчин хлориду двовалентного металу розділили на дві частини. В першу занурили залізну пластинку, а в другу кадмієву. В обох частинах відбулось повне відновлення металу. Весь метал осів на пластинках. При цьому маса залізної пластинки збільшилася на 0,1 г, а кадмієвої зменшилася на 0,6 г. Сіль якого металу була взята? *(Відповідь: сіль Купруму)*

Приклад позааудиторної контрольної роботи для перевірки знань з теми

Інструкція для виконання позааудиторної контрольної роботи

Після самостійного виконання переважної більшості запропонованих вище задач з теми необхідно виконати контрольну роботу № 4 (КР-4). Вона включає 6 завдань, розрахованих на 3 години. Бажано з завданнями КР-4 ознайомитися безпосередньо при її написанні, що дає можливість перевірити свої знання та вміння в умовах близьких до проведення екзамену чи заліку. Під час контрольної роботи користуватися засобами, що містять підказки неможна. Ви успішно справитесь з контрольними завданнями, якщо систематично, наполегливо працювали. Контрольну роботу необхідно виконати в окремому зошиті і здати вчасно викладачу для перевірки.

Контрольна робота № 4 (КР-4)

Варіант I

1. Спалили суміш етану і пропану об'ємом 4,48 л (н.у.) і відносною густиною за воднем 19,9. Одержаний вуглекислий газ пропустили через розчин, що містить 25,6 г натрій гідроксиду. Визначити масу і склад солей, які утворилися в результаті реакції.
2. Пари взаємодії 19,2 г невідомого металу з розведеним розчином нітратної кислоти утворюється сіль металу(II) і виділяється 4,48 г газу, що містить 46,64 % Нітрогену і 53,33 % Оксигену. Визначте метал.
3. Після витримування у водному розчині аргентум нітрату початкова маса мідного стержня 6,72 г збільшилася на 0,76 г. Стержень промили водою,

- висушили і розчинили в 93 % сульфатній кислоті (густина 1,81 г/см³). Визначити об'єм кислоти (мл), необхідний для повного розчинення стержня.
4. Яку масу металічного натрію та абсолютного етанолу потрібно взяти для добування розчину масою 200 г, масова частка натрій етилату в якому дорівнює 10,2 % ?
 5. При спалюванні 3,3 г хлорвмісної органічної сполуки утворилося 1,493 л карбон(IV) оксиду (н.у.) і 1,2 г води. Після перетворення всього Хлору, що містився у вихідній речовині в аргентум хлорид, добуто 9,56 г AgCl. Густина хлорвмісної органічної речовини за воднем 49,5. Визначити формулу досліджуваної речовини.
 6. Яку масу сульфур(IV) оксиду потрібно розчинити в 100 г 91 %-ного розчину сульфатної кислоти для того, щоб отримати 30%-ний олеум?

Варіант II

1. При обробці 4,72 г суміші заліза, ферум(II) оксиду та ферум(III) оксиду при нагріванні воднем утворилось 3,92 г заліза. Якщо ж на таку кількість суміші подіяти надлишком розчину купрум(II) сульфату, то маса суміші збільшиться до 4,96 г. Визначити масовий склад вихідної суміші.
2. При прожарюванні 51,8 г безводної солі невідомого двовалентного металу виділяється вода і карбон(IV) оксид. При пропусканні карбон(IV) оксиду над розжареним вугіллям об'єм газу збільшився на 4,48 л. Визначити невідомий метал.
3. Суміш кристалічних натрій хлориду і йодиду масою 3 г обробили надлишком газоподібного хлору при температурі 300 °С. Маса продукту, що залишився становила 2,61 г. Скільки грамів натрій йодиду було у вихідній суміші?
4. Визначте масу розчину сульфатної кислоти з масовою часткою кислоти 0,1 %, в якій потрібно розчинити 200 г олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 20 %, щоб одержати розчин сульфатної кислоти з масовою часткою кислоти 20 %.
5. Суміш етану, пропену і ацетилену має густину за воднем 17,5. При нормальних умовах 0,448 л цієї суміші знебарвлюють 40 мл 5 %-ного розчину бром у карбон тетрахлориді (густина 1,6 г/мл). Які об'ємні частки газів у суміші?
6. При спалюванні суміші невідомого вуглеводню з ацетиленом в надлишку кисню отримано 1,52 л (н.у) газоподібних речовин. Після охолодження до кімнатної температури об'єм газів зменшився до 848мл, а після пропускання залишку газу через 18,2 мл 5 % -ного розчину натрій гідроксиду (густина 1,1 г/мл) об'єм зменшився до 400 мл. Встановіть формулу вуглеводню і визначте масові частки речовин в отриманому розчині.

Варіант III

1. Сплав міді з алюмінієм масою 1 г обробили надлишком розчину натрій гідроксиду, залишок відфільтрували, промили і розчинили в концентрованій нітратній кислоті. Розчин випарили, залишок прожарили. Нового залишку утворилось 0,4 г. Який кількісний склад сплаву (в г) та об'єм витраченого 40 %-ного розчину натрій гідроксиду (густина $1,04 \text{ г/см}^3$) ?
2. Метал II А групи періодичної системи елементів масою 13 г розчинили в надлишку розведеного розчину нітратної кислоти. До утвореного розчину додали надлишок лугу і прокип'ятили. При цьому виділилось 1,12 л газу (н.у.). Визначте який це метал.
3. Крізь трубку з нагрітою сумішшю станум(IV) та купрум(II) оксидів пропустили водень. Після поглинання води і приведення залишку водню до нормальних умов виявилось, що водень, який прореагував, становить 20 %, а маса трубки із сумішшю зменшилась на 2,256 г. Який об'єм повітря при 20°C і нормальному тиску необхідно для спалювання залишку водню?
4. Яку масу олеуму з масовою часткою сульфур триоксиду 20 % потрібно додати до 500 г розчину з масовою часткою сульфатної кислоти 50 %, щоб масова частка кислоти збільшилась в 1,9 рази ?
6. У розчин, що містить 8,32 г. кадмій сульфату, занурили виготовлену з невідомого металу пластинку масою 50 г. Після повного витіснення кадмію маса пластинки збільшилась на 3,76 %. Визначте метал, з якого виготовлена пластинка.
7. До 0,5 л суміші деякого вуглеводню з вуглекислим газом додали 2,5 л (надлишок) кисню і підпалили. Після закінчення реакції об'єм нової суміші склав 3,4 л, після конденсації водяної пари – 1,8 л, після обробки лугом – 0,5 л. Об'єми газів вимірювались при однакових умовах. Встановіть формулу вуглеводню.

Розділ 5. Задачі з виробничим змістом

Основні поняття, формули та розрахунки

1. Вихід продукту (η) – це відношення практично одержаної маси (об'єму чи кількості речовини) продукту до теоретично можливої.

Теоретично можлива кількість продукту обчислюється за рівнянням реакції. Вихід продукту виражається у частках одиниці або відсотках (%) і обчислюється за формулою:

$$\eta = \frac{m(\text{практ.})}{m(\text{теор.})} \quad \text{або} \quad \eta \% = \frac{m(\text{практ.})}{m(\text{теор.})} \cdot 100\% , \text{ де}$$

η – вихід продукту;

$m(\text{практ.})$ – фактично добута маса продукту, г, кг, т;

$m(\text{теор.})$ – теоретично розрахована маса продукту, г, кг, т.

Обчислення виходу продукту через кількість речовини: $\eta = \frac{\nu(\text{практ.})}{\nu(\text{теор.})}$

Обчислення виходу продукту через об'єм (для газів): $\eta = \frac{V(\text{практ.})}{V(\text{теор.})}$

2. Ступінь перетворення (x) – це відношення маси вихідної речовини, яка прореагувала, до маси вихідної речовини, яка використана для реакції.

Ступінь перетворення обчислюють за формулою:

$$x = \frac{m(\text{прореаг.})}{m_0} \quad \text{або} \quad x \% = \frac{m(\text{прореаг.})}{m_0} \cdot 100 \%$$

Ступінь перетворення можна також обчислювати за кількістю речовини та об'ємом (для газів).

$$x = \frac{\nu(\text{прореаг.})}{\nu_0} \quad x = \frac{V(\text{прореаг.})}{V_0}$$

3. Виробничі втрати – частина (%) вихідної речовини, яка втрачається при проведенні хімічної реакції.

Масу сировини, яку необхідно використати за умов виробничих втрат, обчислюють за формулою:

$$m(\text{сир. з урах. втрат}) = \frac{m}{(100\% - \% \text{втр.})} 100\% , \text{ де}$$

m – маса сировини розрахована за рівнянням хімічної реакції, г;

% втр. – втрати сировини, %.

Якщо одночасно необхідно врахувати ступінь перетворення та виробничі втрати масу сировини обчислюють за формулою:

$$m(\text{сиров.}) = \frac{m}{(100\% - \% \text{втр.}) \cdot x} \cdot 100\%$$

5.1. Задачі на обчислення виходу продукту реакції

Приклади розв'язування задач

1. Обчислити вихід амоніаку, якщо відомо, що при взаємодії азоту об'ємом 2,24 л (н.у.) з воднем утворився амоніак об'ємом 4,0 л (н.у.).

Дано:	Розв'язання:
$V(N_2) = 2,24 \text{ л}$ $V(\text{практ. } NH_3) = 4 \text{ л}$ $\eta - ?$	1. Запишемо рівняння хімічної реакції та обчислимо об'єм амоніаку, який можна одержати: $\frac{2,24 \text{ л}}{1 \text{ л}} N_2 + 3H_2 = \frac{4,48 \text{ л}}{2 \text{ л}} 2NH_3$ $V(\text{теор. } NH_3) = 4,48 \text{ л}$ 2. Обчислимо вихід амоніаку. $\eta = \frac{V(\text{практ.})}{V(\text{теор.})}; \quad \eta = \frac{4 \text{ л}}{4,48 \text{ л}} = 0,89 \text{ або } 89 \%$ Відповідь: 89 %

2. Яку масу сульфур(VI) оксиду можна добути із сульфур(IV) оксиду об'ємом 5,6 м³ (н.у.), якщо вихід продукту дорівнює 90 %.

Дано:	Розв'язання:
$V(SO_2) = 5,6 \text{ м}^3$ $\eta \% = 90 \%$ $m(\text{практ. } SO_3) - ?$	1. Обчислимо кількість речовини сульфур(IV) оксиду: $v = \frac{V}{V_m}; \quad v(SO_2) = \frac{5,6 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3 / \text{кмоль}} = 0,25 \text{ кмоль};$ Запишемо рівняння хімічної реакції та обчислимо кількість речовини SO_3, яку можна добути з запропонованого об'єму сульфур(IV) оксиду: $\frac{0,25 \text{ кмоль}}{2 \text{ моль}} 2SO_2 + \frac{0,25 \text{ кмоль}}{2 \text{ моль}} O_2 = \frac{0,25 \text{ кмоль}}{2 \text{ моль}} 2SO_3$ $v(\text{теор. } SO_3) = 0,25 \text{ кмоль.}$ 2. Обчислимо практичну кількість речовини SO_3: $\eta \% = \frac{v(\text{практ.})}{v(\text{теор.})} \cdot 100 \%; \quad v(\text{практ.}) = \frac{\eta \% \cdot v(\text{теор.})}{100 \%}$ $v(\text{практ. } SO_3) = \frac{0,25 \text{ кмоль} \cdot 90 \%}{100 \%} = 0,225 \text{ кмоль}$ 3. Обчислимо практичну масу сульфур(VI) оксиду: $m = v \cdot M; \quad M(SO_3) = 80 \text{ г/моль} = 80 \text{ кг/кмоль};$ $m(\text{практ. } SO_3) = 0,225 \text{ кмоль} \cdot 80 \text{ кг/кмоль} = 18 \text{ кг.}$ Відповідь: 18 кг SO_3

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. З піриту масою 600 кг добули сульфатну кислоту масою 850 кг. Визначте вихід сульфатної кислоти.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Записати схему перетворення сировини на продукт реакції.
Повна схема: $\text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{SO}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$
Скорочена схема: $\text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$
3. Обчислити кількість речовини сировини та теоретичну кількість речовини продукту.

$$\nu(\text{FeS}_2) = \frac{600 \text{ кг}}{120 \text{ кг/кмоль}} = 5 \text{ кмоль}; \quad \nu(\text{теор. H}_2\text{SO}_4) = 2\nu(\text{FeS}_2);$$

$$\nu(\text{теор. H}_2\text{SO}_4) = 10 \text{ кмоль}$$

4. Обчислити теоретичну масу продукту.

$$m(\text{терет. H}_2\text{SO}_4) = 10 \text{ кмоль} \cdot 98 \text{ кг/кмоль} = 980 \text{ кг}$$

5. Обчислити вихід продукту.

$$\eta \% = \frac{850 \text{ кг}}{980 \text{ кг}} \cdot 100 \% = 86,7 \%$$

Відповідь: 86,7 %

2. Який об'єм амоніаку (м^3) потрібен для добування 160 кг амоній нітрату, якщо вихід продукту становить 95 %.

Орієнтовні дії

Обчислити теоретичну масу амоній нітрату і здійснити розрахунки за рівнянням реакції.

Відповідь: 47,04 м^3

3. Який об'єм амоніаку (м^3) потрібен для добування 340 кг нітратної кислоти, якщо вихід продукту на першій стадії становить 85 %, на другій – 92 %, на третій – 98 %?

Орієнтовні дії

Одержання нітратної кислоти в промисловості відбувається за схемою: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$. Обчислити теоретичну масу нітратної кислоти і здійснити розрахунки маси нітроген(IV) оксиду за рівнянням реакції. Обчислити теоретично масу нітроген(IV) оксиду і здійснити розрахунки маси нітроген(II) оксиду за рівнянням реакції. Обчислити теоретичну масу нітроген(II) оксиду і здійснити розрахунки маси амоніаку за рівнянням реакції. Обчислити об'єм амоніаку.

Або

Загальний вихід продукту при перетворенні за схемою дорівнює добутку виходу продукту за кожною стадією: $\eta(\text{загальний}) \% = \eta_1 \% \cdot \eta_2 \% \cdot \eta_3 \%$. Обчислюємо теоретичну масу нітратної кислоти за стехіометричною схемою перетворення: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_3$ та проводимо розрахунки об'єму NH_3 .

Відповідь: $157,8 \text{ м}^3$

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. При взаємодії 50 л амоніаку із сульфатною кислотою утворився амоній сульфат масою 126 г. Обчисліть вихід продукту реакції. (Відповідь: 85,5 %)
2. В результаті каталітичного окиснення сульфур(IV) оксиду кількістю речовини 0,65 моль одержали 44 г сульфур(VI) оксиду. Визначте вихід продукту. (Відповідь: 84,6 %)
3. Руда містить 10 % халькопіриту CuFeS_2 . З однієї тони руди одержують 33 кг міді. Визначте вихід міді від теоретично можливого. (Відповідь: 94,88 %)
4. Який об'єм газу (н.у.) одержали в результаті термічного розкладання калій нітрату масою 22,22 г, якщо вихід продукту реакції дорівнює 90 %. (Відповідь: 4,44 л)
5. Який об'єм амоніаку (н.у.) використали для добування діамоній гідрофосфату масою 105,6 г якщо вихід дорівнює 88 %. (Відповідь: 40,73 л)
6. Водень одержаний при взаємодії 2,7 г алюмінію з розчином, який містить 0,36 моль хлороводню, використали для відновлення купрум(II) оксиду масою 5 г. Обчисліть масу одержаної міді, якщо її вихід становить 90 %. (Відповідь: 3,6 г)
7. Відомо, що з 1 т залізної руди, що містить 60 % магнетиту, виплавляють чавун масою 400 кг, який містить 4 % домішок. Обчисліть вихід заліза від теоретично можливого (%). (Відповідь: 88,38 %).

5.2. Розрахунки з урахуванням ступеня перетворення

Приклад розв'язування задач

1. При термічному розкладі ферум(III) гідроксиду масою 90 г одержали 0,3 моль ферум(III) оксиду. Визначте ступінь розкладу ферум(III) гідроксиду.

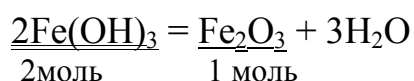
Дано:

$$\begin{aligned} m_0[\text{Fe}(\text{OH})_3] &= 90 \text{ г} \\ n(\text{Fe}_2\text{O}_3) &= 0,3 \text{ моль} \end{aligned}$$

x - ?

Розв'язання:

1. Запишемо рівняння хімічної реакції термічного розкладу та обчислимо кількість речовини ферум(III) гідроксиду:



$$\nu[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 2 \cdot \nu(\text{Fe}_2\text{O}_3);$$

$$\nu[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 2 \cdot 0,3 \text{ моль} = 0,6 \text{ моль}$$

2. Обчислимо масу ферум(III) гідроксиду.

$$m = \nu \cdot M; \quad M[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 90 \text{ г/моль};$$

$$m[\text{прореаг. Fe}(\text{OH})_3] = 0,6 \text{ моль} \cdot 90 \text{ г/моль} = 54 \text{ г};$$

3. Обчислимо ступінь термічного розкладу ферум(III) гідроксиду:

$$x_{\%} = \frac{m(\text{прореаг.})}{m_0} \cdot 100\%; \quad x_{\%} = \frac{54\text{г}}{90\text{г}} \cdot 100\% = 60\%$$

Відповідь: 60 %

2. Обчисліть, який об'єм (н.у.) кисню виділиться при термічному розкладі 10 г калій нітрату, якщо ступінь розкладу становить 80 %.

Дано:

$$m_0(\text{KNO}_3) = 90 \text{ г}$$

$$x = 80\%$$

$$V(\text{O}_2) - ?$$

Розв'язання:

1. Обчислимо масу калій нітрату, який розклався.

$$x_{\%} = \frac{m(\text{прореаг.})}{m_0} \cdot 100\% \quad m(\text{прореаг.}) = \frac{x_{\%} \cdot m_0}{100\%}$$

$$m(\text{прореаг.}) = \frac{80\% \cdot 10 \text{ г}}{100\%} = 8 \text{ г}$$

2. Запишемо рівняння хімічної реакції термічного розкладу калій нітрату:



$$\nu = \frac{m}{M}; \quad M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{KNO}_3) = \frac{8 \text{ г}}{101 \text{ г/моль}} = 0,08 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \nu(\text{KNO}_3);$$

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{0,08 \text{ моль}}{2} = 0,04 \text{ моль}$$

3. Обчислимо об'єм кисню:

$$V = \nu \cdot V_m; \quad V(\text{O}_2) = 0,04 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,896 \text{ л}$$

Відповідь: 0,896 л кисню

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Який об'єм вуглекислого газу виділиться при термічному розкладі 100 кг кальцій карбонату, якщо ступінь розкладу 90 %? (Відповідь: 20,16 м³)
2. Яку масу купрум(II) нітрату слід використати для одержання 22,4 л (н.у.) нітроген(IV) оксиду. Ступінь термічного розкладу солі становить 85 %. (Відповідь: 110,6 г)

5.3. Обчислення з урахуванням виробничих втрат

Приклад розв'язування задач

1. Яку масу сірки необхідно використати для одержання 100 кг сульфатної кислоти, якщо виробничі втрати сировини становлять 5 %.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ г}$$
$$\% \text{ втр.} = 5 \%$$

м(з урахуванням
втрат S) - ?

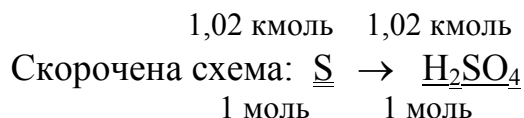
Розв'язання:

1. Обчислимо кількість речовини сульфатної кислоти.

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль} = 98 \text{ кг/кмоль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{100 \text{ кг}}{98 \text{ кг/кмоль}} = 1,02 \text{ кмоль}$$

2. Запишемо схему одержання сульфатної кислоти з сірки та обчислимо кількість речовини сірки:



$$\nu(\text{S}) = 1,02 \text{ кмоль.}$$

3. Обчислимо масу сірки.

$$m = \nu \cdot M; \quad M(\text{S}) = 32 \text{ кг/кмоль};$$

$$m(\text{S}) = 1,02 \text{ кмоль} \cdot 32 \text{ кг/кмоль} = 32,64 \text{ кг}$$

4. Обчислимо масу сірки з урахуванням виробничих втрат:

$$m(\text{з урахуванням втрат}) = \frac{m}{(100 \% - \% \text{втр.})} 100 \%$$

$$m(\text{з урахуванням втрат S}) = \frac{32,64 \text{ кг}}{(100 \% - 5 \%)} 100 \% = 34,36 \text{ кг}$$

Відповідь: 34,36 кг сірки

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

Яку масу амоніачної селітри можна одержати з $33,8 \text{ м}^3$ (н.у.) амоніаку, якщо виробничі втрати становлять 2 %?

Орієнтовні дії

Обчислити масу амоніаку, яка перетвориться на амоніачну селітру. Записати рівняння хімічної реакції взаємодії амоніаку з нітратною кислотою. Обчислити масу NH_4NO_3 .

Відповідь: 118,3 кг

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Обчисліть масу кальцій силікату, яку можна одержати при сплавленні 33,6 кг кальцій оксиду з силіцій(IV) оксидом, якщо при виробництві втрачається 5 % сировини. *(Відповідь: 66,12 кг)*
2. Яку масу піриту необхідно взяти для одержання 125 т сульфатної кислоти, якщо виробничі втрати сировини становлять 5 %. *(Відповідь: 80,6 т)*
3. Яку масу фосфориту (кальцій фосфат), що містить 5 % домішок, необхідно використати для одержання 100 кг подвійного суперфосфату (кальцій дигідрогенфосфат моногідрат), якщо виробничі втрати сировини становлять 3 %. *(Відповідь: 134,6 кг)*
4. Яку масу 63 % розчину нітратної кислоти можна одержати з 1 т синтетичного амоніаку, якщо його виробничі втрати становлять 3 %, а ступінь перетворення 98 %. *(Відповідь: 5,59 т)*

Розділ 6. Розрахунки за термохімічними рівняннями

Актуалізація опорних знань та умінь

1. Тепловий ефект хімічної реакції – це кількість теплоти, яка виділяється чи поглинається в результаті перебігу хімічної реакції.

Тепловий ефект реакції позначають: Q або ΔH і вимірюють в системі СІ у Дж або кДж.

Його можна оцінити кількістю теплоти, яка виділяється системою в оточуюче середовище ($Q > 0$), або вбирається системою із оточуючого середовища ($Q < 0$).

Тепловий ефект можна також оцінити кількістю теплоти, на яку збільшилася або зменшилася енергія системи, як зміну ентальпії системи ΔH . Якщо система, в якій протікає хімічна реакція віддає теплоту зовнішньому середовищу ($Q > 0$), її тепловміст зменшується, то $\Delta H < 0$. Якщо система, в якій протікає хімічна реакція одержує теплоту із зовнішнього середовища ($Q < 0$), її тепловміст зростає, то $\Delta H > 0$.

$$\Delta H = -Q$$

2. Стандартні умови: $T = 298\text{K}$ (25°C), $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па. Стандартні умови відрізняються від нормальних умов (н.у.) значенням температури.

3. Стандартний тепловий ефект хімічної реакції - це кількість теплоти, яка виділяється чи поглинається в результаті перебігу хімічної реакції за стандартних умов.

Стандартний тепловий ефект позначається – ΔH^0 .

4. Екзотермічна хімічна реакція – це реакція, яка протікає з виділенням теплоти ($Q > 0$ або $\Delta H < 0$).

Наприклад, $2\text{PH}_{3(\text{г})} + 4\text{O}_{2(\text{г})} = \text{P}_2\text{O}_{5(\text{к})} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$; $\Delta H^0 = -2360$ кДж

5. Ендотермічна хімічна реакція – це реакція, яка протікає з поглинанням теплоти ($Q < 0$ або $\Delta H > 0$).

Наприклад: $2\text{KMnO}_{4(\text{к})} = \text{MnO}_{2(\text{к})} + \text{K}_2\text{MnO}_{4(\text{к})} + \text{O}_{2(\text{г})}$; $\Delta H^0 = 62$ кДж.

6. Термохімічне рівняння – це рівняння хімічної реакції, в якому вказано тепловий ефект, що записується після рівняння і узгоджується з числом молів речовин, які беруть участь в реакції. Крім того, в термохімічному рівнянні вказується агрегатний стан речовини: кристалічний (к), твердий (т), рідкий (р), газуватий (г).

Способи запису термохімічного рівняння:



Запропоноване термохімічне рівняння показує, що при взаємодії 1 моль азоту із 3 моль водню з утворенням 2 моль амоніаку виділяється 92,4 кДж теплоти.

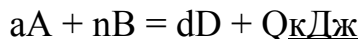
Якщо взяти для реакції 5 моль водню, виділяється q кДж теплоти.

$$\frac{q}{92,4} = \frac{5}{3}; q = \frac{5 \cdot 92,4}{3} = 154 \text{ (кДж)}$$

Основні поняття, закони та формули для розрахунків

1. Кількість теплоти, що виділяється або поглинається при протіканні хімічної реакції за участі певної кількості речовини (моль, г, кг або л, м³) – позначається q .

Термохімічне рівняння у загальному вигляді:



n моль B виділяється Q теплоти

ν моль B виділяється q теплоти

$$\frac{q}{Q} = \frac{\nu}{n}$$

Кількість теплоти, яка виділяється або поглинається в хімічній реакції, можна обчислити за формулою:

$$q = \frac{Q \cdot \nu}{n} \quad \text{або} \quad q = \frac{\Delta H \cdot \nu}{n},$$

де q – кількість теплоти, яка виділяється або поглинається в хімічній реакції, Дж або кДж;

Q (ΔH) – тепловий ефект реакції (відображається у термохімічному рівнянні), Дж або кДж;

ν – кількість речовини сполуки, за якою здійснюється розрахунок, моль;

n – коефіцієнт перед формулою сполуки, за якою здійснюється розрахунок, який відповідає певній кількості речовини (моль).

При проведенні розрахунків за зазначеною вище формулою знак (+ або -) перед $Q(\Delta H)$ заміняється словом «поглинулося» або «виділилося».

Розглянемо це на прикладі реакції синтезу амоніаку:

2. Стандартна теплота утворення – це тепловий ефект реакції утворення 1 моль складної речовини за стандартних умов із простих речовин. Тепловий ефект реакції утворення одного моля простої речовини в агрегатному стані, стійкому за стандартних умов, дорівнює нулю. Значення стандартної теплоти утворення ($\Delta H_{\text{утв}}^0$ або ΔH_f^0) речовин зведені до таблиць.

3. Стандартна теплота згоряння – це тепловий ефект реакції горіння одного моля речовини за стандартних умов. Значення стандартної теплоти згоряння ($\Delta H_{\text{згор}}^0$) речовин зведені до таблиць. На відміну від стандартної теплоти утворення речовин, яка може бути як від'ємною так і додатною, стандартна теплота згоряння завжди від'ємна $\Delta H_{\text{згор}}^0 < 0$.

4. Закон Гесса – тепловий ефект реакції залежить від стану вихідних і кінцевих речовин і не залежить від шляху реакції.

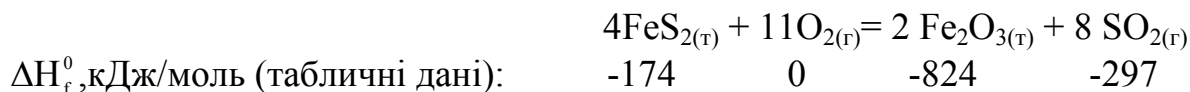
Виходячи з закону Гесса, тепловий ефект будь якої реакції можна обчислити, використовуючи стандартні теплоти утворення речовин з урахуванням коефіцієнтів в рівнянні реакції.

Тепловий ефект реакції ΔH^0 дорівнює різниці сум теплот утворення кінцевих речовин (продуктів) і вихідних речовин (реагентів):

$$\Delta H^0 = \sum n \cdot \Delta H_f^0 (\text{продуктів}) - \sum n \cdot \Delta H_f^0 (\text{реагентів}),$$

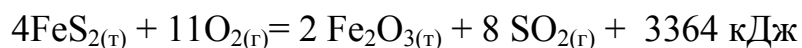
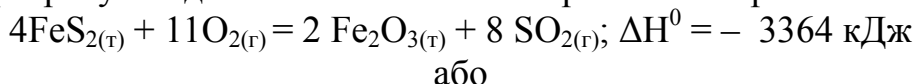
де n – коефіцієнт при формулах речовин в рівнянні реакції.

Наприклад, розрахунок теплового ефекту реакції згоряння піриту за стандартних умов з використанням стандартних теплот утворення речовин:



$$\Delta H^0 = [2 \cdot (-824) + 8 \cdot (-297)] - [4 \cdot (-174) + 11 \cdot 0] = [-1684 - 2376] - [-696 + 0] = -3364 \text{ кДж}$$

Проведені розрахунки дозволяють записати термохімічне рівняння:



Тепловий ефект будь якої реакції можна обчислити використовуючи стандартні теплоти згоряння речовин, з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів, що стоять перед ними в рівнянні реакції.

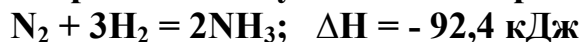
Тепловий ефект реакції ΔH^0 дорівнює різниці сум теплот згоряння вихідних речовин (реагентів) і кінцевих речовин (продуктів):

$$\Delta H^0 = \sum n \cdot \Delta H_{\text{згор}}^0 (\text{реагентів}) - \sum n \cdot \Delta H_{\text{згор}}^0 (\text{продуктів})$$

6.1. Обчислення кількості теплоти за відомим тепловим ефектом

Приклади розв'язання задач

1. Обчислити, яка кількість теплоти виділилась при утворенні 0,2 моль амоніаку, якщо хімічна реакція відбувається за термохімічним рівнянням:



Дано:

$$v(\text{NH}_3) = 0,2 \text{ моль}$$

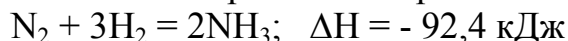
$$\Delta H = -92,4 \text{ кДж}$$

$$q - ?$$

Розв'язання:

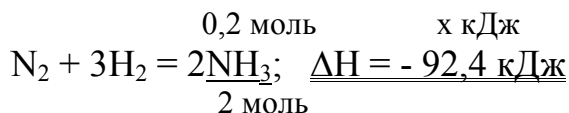
I спосіб

1. Запишемо термохімічне рівняння



2. При утворенні 2 моль NH_3 виділяється 92,4 кДж, при утворенні 0,2 моль NH_3 виділиться у 10 разів менше теплоти – 9,24 кДж.

II спосіб



При утворенні 2 моль NH_3 виділилось 92,4 кДж

При утворенні 0,2 моль NH_3 – x кДж

$$\frac{2}{0,2} = \frac{92,4}{x}; \quad x = 9,24 \text{ (кДж)}; \quad q = 9,24 \text{ кДж}$$

Відповідь: виділилося 9,24 кДж

2. Обчислити кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 8,96 л (н.у.) амоніаку, якщо тепловий ефект реакції $\Delta H^0 = -1532$ кДж.

Дано:	Розв'язання:
$\frac{\Delta H^0 = -1532 \text{ кДж}}{q - ?}$	1. $v = \frac{V}{V_m}$; $v(\text{NH}_3) = \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,4 \text{ моль}$ 2. Запишемо термохімічне рівняння: $4\text{NH}_{3(\text{г})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{N}_{2(\text{г})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}; \Delta H^0 = -1532 \text{ кДж}$ 3. Обчислимо кількість теплоти, що виділиться, за формулою: $q = \frac{\Delta H \cdot v}{n}; q = \frac{1532 \text{ кДж} \cdot 0,4 \text{ моль}}{4 \text{ моль}} = 153,2 \text{ кДж}$ Відповідь: виділяється 153,2 кДж

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

3. Обчислити кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 6,4 г сірки, якщо тепловий ефект горіння сірки $\Delta H^0 = -297$ кДж/моль.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Обчислити кількість речовини сполуки, за якою здійснюється розрахунок.

$$v = \frac{m}{M}; v(\text{S}) = \frac{6,4 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

3. Записати термохімічне рівняння.
 $\text{S}_{(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} = \text{SO}_{2(\text{г})}; \Delta H^0 = -297 \text{ кДж}$

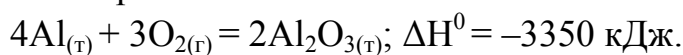
4. Обчислити кількість теплоти, що виділяється.

$$q = \frac{\Delta H \cdot v}{n}; q = \frac{297 \text{ кДж} \cdot 0,2 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 59,4 \text{ кДж}$$

5. Записати відповідь.

Відповідь: виділяється 59,4 кДж

4. Обчисліть кількість теплоти, яка виділиться при спалюванні 135 г алюмінію. Термохімічне рівняння горіння алюмінію:

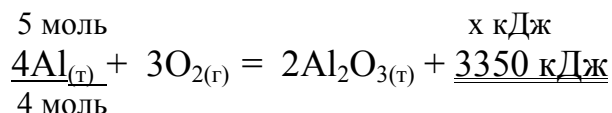


Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Обчислити кількість речовини сполуки, за якою здійснюється розрахунок.

$$\nu = \frac{m}{M}; \nu(\text{Al}) = \frac{135 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 5 \text{ моль}$$

3. Записати термохімічне рівняння, в ньому підкреслити формулу речовини, за якої здійснюється розрахунок. Під формулою речовини підписати кількість речовини (моль) згідно з коефіцієнтом; над формулою речовини надписати кількість речовини сполуки в молях. Над значенням теплового ефекту реакції надписати x кДж.



4. За міркуванням скласти пропорцію та знайти x .

При згорянні 4 моль Al виділяється 3350 кДж

При згорянні 5 моль Al виділяється x кДж

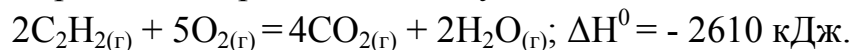
$$\frac{4}{5} = \frac{3350}{x}; \quad x = \frac{5 \cdot 3350}{4} = 4187,5 \text{ (кДж)} \quad q = 4187,5 \text{ кДж}$$

5. Записати відповідь.

Відповідь: виділяється 4187,5 кДж

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Термохімічне рівняння горіння ацетилену:



Обчисліть кількість теплоти, яка виділиться при спалюванні 4 л (н.у.) ацетилену. (Відповідь: 233 кДж)

2. Обчислити кількість теплоти, що поглинеться при окисненні 11,2 л (н.у.) азоту, якщо тепловий ефект реакції окиснення азоту до нітроген(іі) оксиду $\Delta H^0 = 180,7 \text{ кДж.}$ (Відповідь: 90,35 кДж)

3. Термохімічне рівняння горіння фосфору $4\text{P}_{(\text{т})} + 5\text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{P}_2\text{O}_{5(\text{т})} + 3010 \text{ кДж.}$ скільки теплоти виділиться при спалюванні 6,2 г фосфору? (Відповідь: 150,5 кДж)

4. Термохімічне рівняння термічного розкладу кальцій карбонату



обчисліть кількість теплоти, яку необхідно використати для термічного розкладу 50 кг кальцій карбонату. (Відповідь: 88750 кДж)

5. Яка кількість теплоти виділиться при спалюванні 11,2 л (н.у.) суміші метану та чадного газу, об'ємна частка метану в якому 40%. теплові ефекти горіння метану та чадного газу дорівнюють 890 кДж і 566 кДж відповідно. (Відповідь: 262,9 кДж)

6.2. Обчислення маси (об'єму) речовини за кількістю теплоти, що виділяється (поглинається) та тепловому ефекту хімічної реакції

Приклади розв'язання задач

1. Обчисліть об'єм водню (н.у.) в реакції, що відбувається за термохімічним рівнянням: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 + 92,4 \text{ кДж}$, якщо виділилось 46,2 кДж теплоти.

Дано:

$$q = 46,2 \text{ кДж}$$

$$Q = 92,4 \text{ кДж}$$

$$\text{V}(\text{H}_2) - ?$$

Розв'язання:



$$q = \frac{Q \cdot v}{n}; v = \frac{q \cdot n}{Q}; \quad v(\text{H}_2) = \frac{46,2 \text{ кДж} \cdot 3}{92,4 \text{ кДж}} = 1,5 \text{ моль}$$

$$2. V = v \cdot V_m;$$

$$V(\text{H}_2) = 1,5 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 33,6 \text{ л}$$

Відповідь: 33,6 л водню

2. Обчисліть масу ферум(II) оксиду, яку відновили чадним газом за рівнянням $\text{FeO}_{(т)} + \text{CO}_{(г)} = \text{Fe}_{(т)} + \text{CO}_{2(г)}$, якщо тепловий ефект реакції $\Delta H^0 = -18,17 \text{ кДж}$, а в реакції виділилось 91 кДж теплоти.

Дано:

$$q = 91 \text{ кДж}$$

$$\Delta H^0 = -18,17 \text{ кДж}$$

$$m(\text{FeO}) - ?$$

Розв'язання:

$$1. q = \frac{\Delta H \cdot v}{n}; v = \frac{q \cdot n}{\Delta H}; \quad v(\text{FeO}) = \frac{91 \text{ кДж} \cdot 1 \text{ моль}}{18,17 \text{ кДж}} = 5 \text{ моль}$$

2. Обчислюємо масу ферум(II)оксиду:

$$v = \frac{m}{M}; m = v \cdot M; M(\text{FeO}) = 72 \text{ г/моль};$$

$$m(\text{FeO}) = 5 \text{ моль} \cdot 72 \text{ г/моль} = 360 \text{ г}$$

Відповідь: 360 г FeO

3. Скільки м³ (н.у.) метану необхідно спалити, щоб одержаної теплоти було достатньо для розкладу 1 т вапняку з масою часткою домішок 7,4 %? Теплові ефекти реакцій розкладу і горіння відповідно дорівнюють: $\Delta H^0_1 = 177,5 \text{ кДж}$, $\Delta H^0_2 = - 890 \text{ кДж}$.

Дано:

$$m(\text{вапняку}) = 1 \text{ т}$$

$$w(\text{домішок}) = 7,4\%$$

$$\Delta H^0_1 = 177,5 \text{ кДж}$$

$$\Delta H^0_2 = - 890 \text{ кДж}$$

$$\text{V}(\text{CH}_4) - ?$$

Розв'язання:

1. Обчислимо масу кальцій карбонату:

$$m(\text{речовини}) = m(\text{суміші}) \cdot w(\text{речовини});$$

$$m(\text{CaCO}_3) = m(\text{вапняку}) \cdot w(\text{CaCO}_3);$$

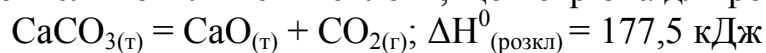
$$w(\text{CaCO}_3) = 1 - w(\text{домішок})$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 1000 \text{ кг} \cdot 0,926 = 926 \text{ кг};$$

$$2. v = \frac{m}{M}$$

$$v(\text{CaCO}_3) = \frac{926 \text{ кг}}{100 \text{ кг/кмоль}} = 9,26 \text{ кмоль} = 9260 \text{ моль}.$$

3. Запишемо термохімічне рівняння розкладу і обчислимо кількість теплоти, що потрібна для розкладу:



$$q = \frac{\Delta H \cdot \nu}{n};$$

$$q(\text{розкл.}) = \frac{177,5 \text{ кДж} \cdot 9260 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 1,64 \cdot 10^6 \text{ (кДж)};$$

4. Запишемо термохімічне рівняння горіння метану і обчислимо кількість речовини метану:



$$q = \frac{\Delta H \cdot \nu}{n}; \nu = \frac{q \cdot n}{\Delta H}$$

$$\nu(\text{CH}_4) = \frac{1,64 \cdot 10^6 \text{ кДж} \cdot 1 \text{ моль}}{890 \text{ кДж}} = 1842,7 \text{ моль}$$

5. Обчислимо об'єм метану:

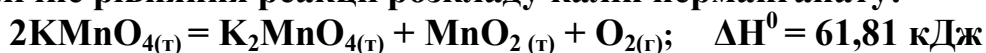
$$V = \nu \cdot V_{\text{м}};$$

$$V(\text{CH}_4) = 1842,7 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 41276,48 \text{ л} = 41,3 \text{ м}^3$$

Відповідь: 41,3 м³ метану

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

4. Обчисліть об'єм кисню (н.у.), що утворився під час термічного розкладу калій перманганату, якщо для цього витратили 12,362 кДж теплоти. Термохімічне рівняння реакції розкладу калій перманганату:



Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Обчислити кількість речовини газу, що виділився.

$$\nu = \frac{q \cdot n}{\Delta H}; \nu(\text{O}_2) = \frac{12,362 \text{ кДж} \cdot 1 \text{ моль}}{61,81 \text{ кДж}} = 0,2 \text{ моль}$$

3. Обчислити об'єм газу, що утворився в реакції.

$$\nu = \frac{V}{V_{\text{м}}}; V = \nu \cdot V_{\text{м}}; V(\text{O}_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ л}$$

4. Записати відповідь.

Відповідь: 4,48 л кисню

5. При спалюванні 22,4 л (н.у.) суміші метану та чадного газу виділяється 650 кДж теплоти. Обчисліть об'єм чадного газу та його об'ємну частку (%) у суміші, якщо відомі теплові ефекти горіння метану ($\Delta H^0 = -890$ кДж/моль) і чадного газу ($\Delta H^0 = -566$ кДж/моль).

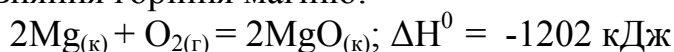
Орієнтовні дії

Позначити за x л об'єм карбон(II) оксиду (чадного газу). Виразити об'єм метану, як різницю загального об'єму та об'єму карбон(II) оксиду. Виразити кількість речовини обох газів, кількість теплоти, що виділиться для кожного газу, та скласти алгебраїчне рівняння з одним невідомим. Обчислити x – об'єм CO та розрахувати його об'ємну частку.

Відповідь: 16,6 л CO; 74 %.

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

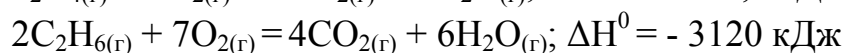
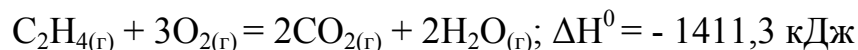
1. Термохімічне рівняння горіння магнію:



Обчисліть, яку масу магнію спалили, якщо виділилось 1000 кДж теплоти.

(Відповідь: 39,8 г Mg)

2. При згорянні 17,92 л (н.у.) суміші етену і етану виділилося 1203,39 кДж теплоти. визначте об'ємний склад (%) суміші газів, якщо відомі термохімічні рівняння.



(Відповідь: 31,5 % C_2H_4 ; 62,5 % C_2H_6)

6.3. Складання термохімічного рівняння

1. Для термічного розкладу калій нітрату масою 40,4 г витратили 49,2 кДж теплоти. Складіть термохімічне рівняння реакції.

Дано:

$$\begin{array}{l} q = -49,2 \text{ кДж} \\ m(\text{KNO}_3) = 40,4 \text{ г} \\ \hline \Delta H^0 = ? \end{array}$$

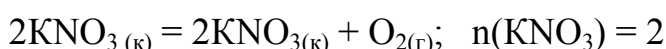
Розв'язання:

$$1. \nu = \frac{m}{M}; M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{KNO}_3) = \frac{40,4 \text{ г}}{101 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$2. q = \frac{Q \cdot \nu}{n}; Q = \frac{q \cdot n}{\nu};$$

Запишемо хімічне рівняння термічного розкладу калій нітрату.



Обчислимо тепловий ефект:

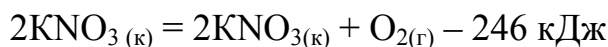
$$Q = \frac{49,2 \text{ кДж} \cdot 2 \text{ моль}}{0,4 \text{ моль}} = 246 \text{ кДж};$$

Теплота витрачалася, тож $Q = - 246$ кДж

3. Термохімічне рівняння реакції:



або



Відповідь: $2\text{KNO}_3 (\text{к}) = 2\text{KNO}_{3(\text{к})} + \text{O}_{2(\text{г})}$; $\Delta H^0 = 246$ кДж

2. При спалюванні сірки одержали 33,6 л (н.у.) сульфур(IV) оксиду і виділилось 445,5 кДж теплоти. Складіть термохімічне рівняння окиснення сірки.

Дано:

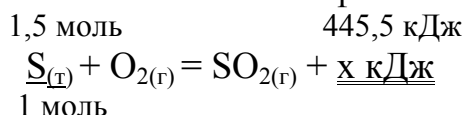
$$V(\text{SO}_2) = 33,6 \text{ л}$$
$$q = 445,2 \text{ кДж}$$

$\Delta H^0 - ?$

Розв'язання:

$$1. \nu = \frac{V}{V_m}; \nu(\text{SO}_2) = \frac{33,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,5 \text{ моль};$$

2. Запишемо термохімічне рівняння спалювання сірки, позначивши тепловий ефект за x :



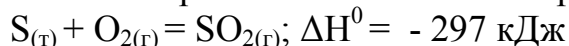
При спалюванні 1,5 моль сірки виділяється 445,5 кДж

При спалюванні 1 моль сірки — x кДж

$$\frac{1,5}{1} = \frac{445,5}{x}; \quad x = \frac{1 \cdot 445,5}{1,5} = 297 \text{ (кДж)};$$

$$Q = 297 \text{ кДж} \quad \text{або} \quad \Delta H^0 = - 297 \text{ кДж}$$

3. Термохімічне рівняння спалювання сірки:



Відповідь: $\text{S}_{(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} = \text{SO}_{2(\text{г})}$; $\Delta H^0 = - 297$ кДж

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

3. При спалюванні 8,96 л (н.у.) метану виділилось 356 кДж теплоти. Запишіть термохімічне рівняння горіння метану.

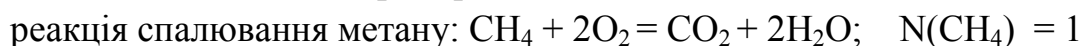
Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.

2. Визначити кількість речовини сполуки, за якою здійснюється розрахунок.

$$N(\text{CH}_4) = \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,4 \text{ моль}$$

3. Обчислити тепловий ефект реакції.



$$Q = \frac{q \cdot n}{\nu}; \quad Q = \frac{356 \text{ кДж} \cdot 1 \text{ моль}}{0,4 \text{ моль}} = 890 \text{ кДж}, \quad \Delta H = - 890 \text{ кДж}.$$

4. Записати відповідь.

Відповідь: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}; \Delta H = - 890 \text{ кДж}$

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. При спалюванні 41,2 г фосфору у надлишку кисню виділилось 1000 кДж теплоти. Складіть термохімічне рівняння реакції. (Відповідь: $4\text{P}_{4(m)} + 5\text{O}_{2(z)} = 2\text{P}_2\text{O}_{5(m)}; \Delta H = - 3010 \text{ кДж}$)
2. При спалюванні 11,2 л (н.у.) метану у надлишку кисню виділилось 445,15 кДж теплоти. Складіть термохімічне рівняння реакції. (Відповідь: $\text{CH}_{4(z)} + 2\text{O}_{2(z)} = \text{CO}_{2(z)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(z)}; \Delta H = - 890 \text{ кДж}$)
3. При спалюванні 102 г фосфіну у надлишку кисню виділилось 3600 кДж теплоти. Складіть термохімічне рівняння реакції. (Відповідь: $\text{PH}_{3(z)} + 2\text{O}_{2(z)} = \text{H}_3\text{PO}_4; \Delta H = 1200 \text{ кДж}$)
4. При взаємодії 16,8 г кальцій оксиду з водою виділилось 19,5 кДж теплоти. Складіть термохімічне рівняння. (Відповідь: $\text{CaO}_{(m)} + \text{H}_2\text{O}_{(p)} = \text{Ca(OH)}_{2(m)}; \Delta H = - 65 \text{ кДж}$)
5. Для термічного розкладу 30 г кальцій карбонату необхідно витратити 53,25 кДж тепла. Складіть термохімічне рівняння реакції. (Відповідь: $\text{CaCO}_{3(m)} = \text{CaO}_{(m)} + \text{CO}_{2(z)}; \Delta H = 177,5 \text{ кДж}$)

6.4. Обчислення теплового ефекту реакції за даними стандартних теплот утворення речовин

Приклад розв'язання задачі

Визначте тепловий ефект хімічної реакції горіння сірководню за стандартних умов. Стандартні теплоти утворення речовин дорівнюють:

$\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{S}_{(r)}) = - 21 \text{ кДж/моль}; \Delta H_f^0(\text{O}_{2(r)}) = 0 \text{ кДж/моль};$

$\Delta H_f^0(\text{SO}_{2(r)}) = - 297 \text{ кДж/моль}; \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(p)}) = - 286 \text{ кДж/моль}.$

Дано:

$\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{S}_{(r)}) = - 21 \text{ кДж/моль}$

$\Delta H_f^0(\text{O}_{2(r)}) = 0 \text{ кДж/моль}$

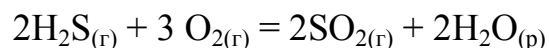
$\Delta H_f^0(\text{SO}_{2(r)}) = - 297 \text{ кДж/моль}$

$\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(p)}) = - 286 \text{ кДж/моль}$

$\Delta H^0 = ?$

Розв'язання:

$$\Delta H^0 = \sum n \cdot \Delta H_f^0(\text{продуктів}) - \sum n \cdot \Delta H_f^0(\text{реагентів})$$



$\Delta H_f^0, \text{ кДж/моль: } - 21 \quad 0 \quad - 297 \quad - 286$

$$\Delta H^0 = [2 \cdot (-286) + 2 \cdot (-297)] - [2 \cdot (-21) + 3 \cdot 0] = -1124 \text{ кДж}$$

Відповідь: $\Delta H^0 = -1124 \text{ кДж}$

Задача для розв'язання (напівсамостійна робота)

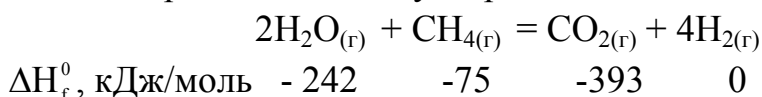
Обчисліть тепловий ефект реакції конверсії метану з водяною парою з утворенням карбон(IV) оксиду та водню. Стандартні теплоти утворення речовин дорівнюють: $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = -242$ кДж/моль; $\Delta H_f^0(\text{H}_{2(г)}) = 0$ кДж/моль; $\Delta H_f^0(\text{CH}_{4(г)}) = -75$ кДж/моль; $\Delta H_f^0(\text{CO}_{2(г)}) = -393$ кДж/моль.

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Записати формулу розрахунку теплового ефекту за стандартними теплотами утворення речовин.

$$\Delta H^0 = \sum n \cdot \Delta H_f^0(\text{продуктів}) - \sum n \cdot \Delta H_f^0(\text{реагентів})$$

3. Записати рівняння хімічної реакції та під речовинами підписати відповідні стандартні теплоти їх утворення.



4. Записати формулу розрахунку теплового ефекту для заданої реакції.

$$\Delta H^0 = [4 \cdot \Delta H_f^0(\text{H}_{2(г)}) + \Delta H_f^0(\text{CO}_{2(г)})] - [2 \cdot \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) + \Delta H_f^0(\text{CH}_{4(г)})].$$

5. Підставити в формулу значення стандартних теплот утворення речовин і обчислити тепловий ефект реакції.

$$\Delta H^0 = [4 \cdot 0 + (-393)] - [2 \cdot (-242) + (-75)] = 166 \text{ (кДж)}$$

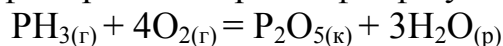
6. Записати відповідь.

Відповідь: $\Delta H^0 = 166$ кДж

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Обчисліть тепловий ефект реакції каталітичного окиснення амоніаку з утворенням нітроген(II) оксиду за відомими стандартними теплотами утворення речовин: $\Delta H_f^0(\text{NH}_{3(г)}) = -46$ кДж/моль; $\Delta H_f^0(\text{O}_{2(г)}) = 0$ кДж/моль; $\Delta H_f^0(\text{NO}_{(г)}) = 91$ кДж/моль; $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = -242$ кДж/моль. (Відповідь: 904 кДж)

2. Обчисліть тепловий ефект реакції горіння фосфіну



за відомими стандартними теплотами утворення речовин:

$$\Delta H_f^0(\text{PH}_{3(г)}) = 5,4 \text{ кДж/моль}; \Delta H_f^0(\text{O}_{2(г)}) = 0 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H_f^0(\text{P}_2\text{O}_{5(к)}) = -3096 \text{ кДж/моль}; \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(р)}) = -286 \text{ кДж/моль}.$$

(Відповідь: $\Delta H^0 = 3943,9$ кДж)

3. Обчисліть тепловий ефект реакції $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$, якщо стандартні теплоти утворення $\Delta H_f^0(\text{NO}_{(г)}) = 90,4$ кДж/моль, а $\Delta H_f^0(\text{NO}_{2(г)}) = 34$ кДж/моль.

(Відповідь: $\Delta H^0 = -112,8$ кДж)

6.5. Обчислення невідомих стандартних теплот утворення речовин за термохімічним рівнянням і відомими стандартними теплотами утворення інших речовин, що беруть участь в реакції

Приклад розв'язання задачі

Реакція термічного розкладу кальцій карбонату відбувається за термохімічним рівнянням $\text{CaCO}_{3(\text{т})} = \text{CaO}_{(\text{т})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$; $\Delta H^0 = 177,5 \text{ кДж}$. Обчисліть стандартну теплоту утворення CaO , якщо $\Delta H_f^0(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль}$.

Дано:

$$\Delta H^0 = 177,5 \text{ кДж}$$

$$\Delta H_f^0(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_f^0(\text{CaCO}_3) = -1206 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_f^0(\text{CaO}) = ?$$

Розв'язання:

1. Запишемо термохімічне рівняння розкладу кальцій карбонату:



2. Запишемо вираз для обчислення стандартного теплового ефекту реакції через стандартні теплоти утворення речовин:

$$\Delta H^0 = [\Delta H_f^0(\text{CaO}) + \Delta H_f^0(\text{CO}_2)] - \Delta H_f^0(\text{CaCO}_3),$$

оскільки всі коефіцієнти в рівнянні дорівнюють 1.

3. Виразимо $\Delta H_f^0(\text{CaO})$ та обчислимо значення:

$$\Delta H_f^0(\text{CaO}) = \Delta H^0 - \Delta H_f^0(\text{CO}_2) + \Delta H_f^0(\text{CaCO}_3);$$

$$\Delta H_f^0(\text{CaO}) = 177,5 + 393,5 - 1206 = -635 \text{ кДж/моль}$$

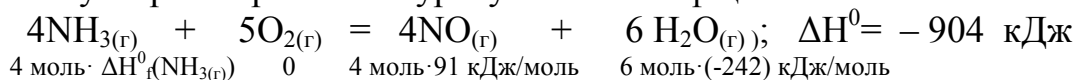
$$\text{Відповідь: } \Delta H_f^0(\text{CaO}) = -635 \text{ кДж/моль}$$

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. Обчислити стандартну теплоту утворення амоніаку, якщо тепловий ефект реакції його каталітичного окиснення становить $\Delta H^0 = -904 \text{ кДж}$. Стандартні теплоти утворення речовин: $\Delta H_f^0(\text{O}_{2(\text{г})}) = 0 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_f^0(\text{NO}_{(\text{г})}) = 91 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}) = -242 \text{ кДж/моль}$.

Алгоритм розв'язання

1. Записати термохімічне рівняння і підписати під формулами стандартні теплоти утворення речовин з урахуванням коефіцієнтів.



2. Записати вираз для обчислення стандартного теплового ефекту реакції через стандартні теплоти утворення речовин.

$$\Delta H^0 = [4 \cdot \Delta H_f^0(\text{NO}_{(\text{г})}) + 6 \cdot \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})})] - [4 \cdot \Delta H_f^0(\text{NH}_{3(\text{г})}) + 5 \cdot \Delta H_f^0(\text{O}_{2(\text{г})})];$$

$$\Delta H^0 = [4 \cdot \Delta H_f^0(\text{NO}_{(г)}) + 6 \cdot \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)})] - [4 \cdot \Delta H_f^0(\text{NH}_{3(г)}) + 0];$$

3. Виразити значення невідомої стандартної теплоти утворення речовини.

$$\Delta H_f^0(\text{NH}_{3(г)}) = [4 \cdot \Delta H_f^0(\text{NO}_{(г)}) + 6 \cdot \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) - \Delta H^0] : 4$$

4. Обчислити стандартну теплоту утворення речовини.

$$\Delta H_f^0(\text{NH}_{3(г)}) = [4 \cdot 91 \text{ кДж/моль} + 6 \cdot (-242) \text{ кДж/моль} - (-904) \text{ кДж}] : 4 \text{ моль} = -46 \text{ кДж}.$$

5. Записати відповідь.

Відповідь: -46 кДж

2. Обчисліть теплоту утворення етану, якщо тепловий ефект реакції його горіння $\Delta H^0 = -1560$ кДж. Стандартна теплота утворення карбон(IV) оксиду $\Delta H_f^0 = -393$ кДж/моль, рідкої води $\Delta H_f^0 = -286$ кДж.

Орієнтовні дії

Записати рівняння реакції горіння етану та вираз для розрахунку теплового ефекту реакції за стандартними теплотами утворення речовин. В цьому виразі буде одна невідома величина – стандартна теплота утворення етану.

Відповідь: $\Delta H_f^0(\text{C}_2\text{H}_6) = -85$ кДж/моль

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Термохімічне рівняння горіння сірководню:

$2\text{H}_2\text{S}_{(г)} + 3\text{O}_{2(г)} = 2\text{SO}_{2(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(р)}$; $\Delta H^0 = -1124$ кДж. Визначте $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{S}_{(г)})$, якщо $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(р)}) = -286$ кДж/моль, $\Delta H_f^0(\text{SO}_{2(г)}) = -297$ кДж/моль.
(Відповідь: $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{S}_{(г)}) = -21$ кДж/моль)

2. Термохімічне рівняння конверсії CO з водяною парою:

$\text{H}_2\text{O}_{(г)} + \text{CO}_{(г)} = \text{CO}_{2(г)} + \text{H}_{2(г)}$; $\Delta H^0 = -41$ кДж. Визначте $\Delta H_f^0(\text{CO}_{2(г)})$, якщо $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = -242$ кДж/моль, $\Delta H_f^0(\text{CO}_{(г)}) = -110$ кДж/моль. (Відповідь: $\Delta H_f^0(\text{CO}_{2(г)}) = -393$ кДж/моль)

3. Визначте теплоту утворення кальцій оксиду за стандартних умов, якщо для реакції з кальцієм витратили 5,6 л (н.у.) кисню і одержали 317,5 кДж теплоти. (Відповідь: $\Delta H_f^0(\text{CaO}_{(т)}) = -635$ кДж/моль)

6.6. Обчислення теплового ефекту реакції за відомими термохімічними рівняннями (метод комбінування)

Приклад розв'язання задачі

1. Обчисліть тепловий ефект реакції утворення нітроген(II) оксиду: $\text{N}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{NO}_{(г)}$, якщо відомі теплові ефекти наступних реакцій:

1) $\text{N}_{2(г)} + 2\text{O}_{2(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$; $\Delta H^0 = 67,8$ кДж;

2) $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$; $\Delta H^0 = -113$ кДж.

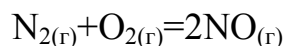
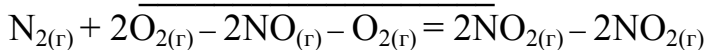
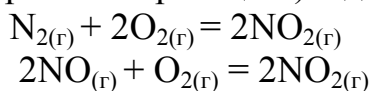
Дано:

$$\Delta H^0_1 = 67,8 \text{ кДж}$$
$$\Delta H^0_2 = -113 \text{ кДж}$$

$$\Delta H^0_3 = ?$$

Розв'язання:

1. Рівняння реакції $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{NO}_{(\text{г})}$ може бути одержано комбінуванням рівнянь реакцій 1) і 2), зокрема якщо із рівняння реакції 1) відняти рівняння реакції 2):



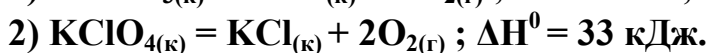
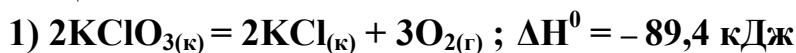
2. Таким же комбінування обчислюємо ΔH^0_3 :

$$\Delta H^0_3 = \Delta H^0_1 - \Delta H^0_2; \Delta H^0_3 = 67,8 \text{ кДж} - (-113 \text{ кДж}) = 180,8 \text{ кДж}$$

$$\text{Відповідь: } \Delta H^0_3 = 180,8 \text{ кДж}$$

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

1. Виходячи з реакцій:

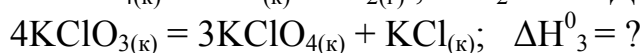
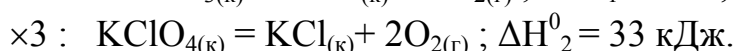
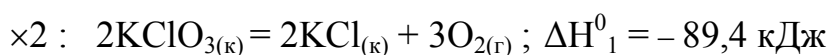


Визначте ΔH^0 хімічної реакції $4\text{KClO}_{3(\text{к})} = 3\text{KClO}_{4(\text{к})} + \text{KCl}_{(\text{к})}.$

Алгоритм розв'язання

1. Записати коротку умову задачі.

2. Проаналізувати відомі термохімічні рівняння та запропонувати спосіб їх комбінування з одержанням рівняння з невідомим тепловим ефектом. Щоб одержати третє рівняння, необхідно від першого рівняння помноженого на два, відняти друге хімічне рівняння помножене на три.



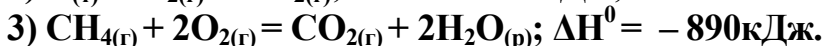
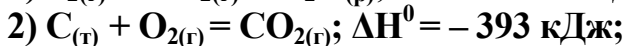
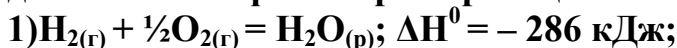
$$\text{Тож, } \Delta H^0_3 = 2\Delta H^0_1 - 3\Delta H^0_2$$

3. Обчислюємо тепловий ефект реакції.

$$\Delta H^0_3 = 2 \cdot (-89,4 \text{ кДж}) - 3 \cdot 33 \text{ кДж} = -277,8 \text{ кДж}$$

$$\text{Відповідь: } \Delta H^0_3 = -277,8 \text{ кДж}$$

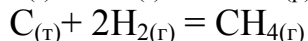
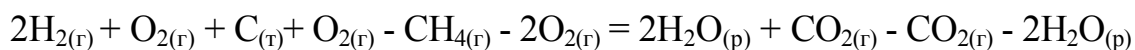
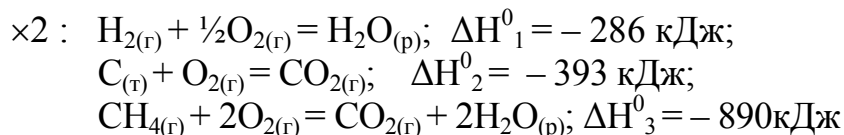
2. Відомі теплові ефекти трьох реакцій:



Обчисліть теплоту утворення метану із простих речовин.

Орієнтовні дії

Записати термохімічне рівняння утворення метану: $C_{(т)} + 2H_{2(г)} = CH_{4(г)}$; $\Delta H^0_4 = ?$
Рівняння $C_{(т)} + 2H_{2(г)} = CH_{4(г)}$ можна одержати, якщо до першого рівняння помноженого на 2 додати друге і відняти третє.

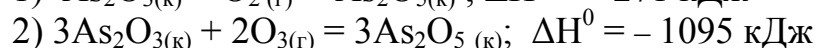
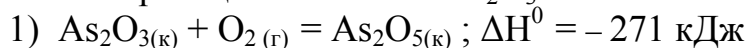


Тож, $\Delta H^0_4 = 2\Delta H^0_1 + \Delta H^0_2 - \Delta H^0_3$. Здійснити обчислення.

Відповідь: $\Delta H^0_f(CH_4) = -75 \text{ кДж/моль}$

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

1. Термохімічні рівняння реакцій окиснення As_2O_3 киснем і озоном:



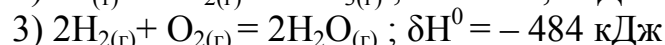
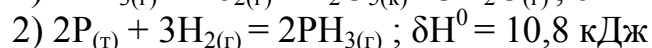
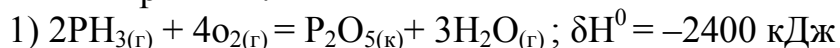
Визначте тепловий ефект утворення озону з молекулярного кисню:
 $3O_{2(г)} = 2O_{3(г)}$. (Відповідь: $\Delta H^0 = 282 \text{ кДж}$)

2. Визначте тепловий ефект переходу графіту в алмаз, якщо відомі термохімічні рівняння горіння графіту і алмазу:



(Відповідь: $\Delta H^0 = 2 \text{ кДж}$)

3. Обчисліть стандартну теплоту утворення фосфор(v) оксиду, виходячи із наступних термохімічних рівнянь:



(Відповідь: $\Delta H^0 = -3326 \text{ кДж}$)

4. У кисні спалили 10 г суміші магнію і вугілля, в якій масова частка магнію дорівнює 50%. Яка кількість теплоти виділилась, якщо відомі стандартні теплоти утворення продуктів реакцій (див. табл.). (Відповідь: виділилось 289 кДж)

5. Спалили 20 л суміші метану і водню, в якій об'ємні частки газів однакові. Яка кількість теплоти виділилась, якщо відома стандартна теплота утворення рідкої води (див. табл.), а стандартна теплота згоряння метану $\Delta H^0_{\text{згор}}(CH_{4(г)}) = -890 \text{ кДж/моль}$. (Відповідь: виділилось 525 кДж)

6. Визначте кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 28 л (н.у.) ацетилену. (Відповідь: виділилось 1623,5 кДж)

7. Визначте кількість теплоти, що виділиться при спалюванні 515 г суміші ацетону і метанолу, пари якої мають густину за воднем 25,75. Вважати, що утворена вода – рідина. (Відповідь: виділилось 1556175 кДж)

8. Визначте кількість теплоти, що виділиться при одержанні 120 г ортофосфатної кислоти з фосфорного ангідриду, якщо відомі теплоти утворення речовин (див. табл.).

9. При горінні газуватого фосфіну PH_3 утворюється твердий фосфорний ангідрид, вода і виділяється 1193 кДж тепла. Визначте теплоту утворення фосфіну. (Відповідь: $\Delta H_f^0 = -5,4$ кДж/моль)

10. Визначте кількість теплоти, яка виділиться при вибуху 14,4 г гримучого газу і конденсації утвореної водяної пари. (Відповідь: виділяється 156,2 кДж/моль)

Стандартні теплоти утворення речовин

Речовина	ΔH_f^0 , кДж	Речовина	ΔH_f^0 , кДж	Речовина	ΔH_f^0 , кДж
$\text{MgO}_{(т)}$	- 601,2	$\text{C}_2\text{H}_{2(г)}$	226,8	$\text{H}_{2(г)}$	0
$\text{CO}_{2(г)}$	- 393,5	$\text{O}_{2(г)}$	0	$\text{P}_2\text{O}_{5(т)}$	-1530,5
$\text{H}_2\text{O}_{(р)}$	- 285,5	$\text{CO}_{2(г)}$	- 393,3	$\text{H}_3\text{PO}_{4(т)}$	-1283,7
$\text{H}_2\text{O}_{(г)}$	- 241,8	$\text{CH}_3\text{COCH}_3_{(р)}$	- 216,7	$\text{CH}_3\text{OH}_{(р)}$	- 201,2

Розділ 7. Швидкість хімічних реакцій. Хімічна рівновага

7.1. Швидкість хімічних реакцій

Основні поняття, формули та розрахунки

Швидкість реакції визначають за зміною:

- кількості речовини в одиниці об'єму в одиницю часу;
- концентрації в одиницю часу.

За зміною кількості речовини в одиниці об'єму:

$$v = \frac{\Delta v}{V \cdot \tau}, \quad \text{де}$$

Δv – зміна кількості речовини, моль;

V – об'єм, в якому йде реакція, л;

τ – проміжок часу, с.

За зміною концентрації в одиницю часу:

$$v = \frac{\Delta c}{\tau}, \quad \text{моль/(л} \cdot \text{с)}, \quad \text{де}$$

Δc – зміна концентрації речовини, моль/л.

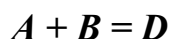
Швидкість реакції весь час змінюється, тому розраховані таким чином значення швидкості будуть середніми.

На швидкість хімічної реакції впливає кілька чинників:

- природа реагентів;
- концентрація;
- температура;
- тиск (для газових реакцій);
- каталізатор

Якщо в реакції беруть участь речовини у твердому агрегатному стані, важливим чинником впливу на швидкість є ступінь подрібнення речовини.

Згідно із законом дії мас для реакції, що відбувається внаслідок попарних зіткнень молекул, **швидкість хімічної реакції прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин.**



$$v = k \cdot C_A \cdot C_B \quad \text{або} \quad v = k \cdot [A] \cdot [B], \quad \text{де}$$

C_A , C_B та $[A]$, $[B]$ – молярні концентрації речовин А та В відповідно, моль/л;

k – константа швидкості хімічної реакції.

Для гетерогенних реакцій при розрахунку швидкості враховують лише ті речовини, що перебувають у газовій, рідкій фазі або в розчині.

Швидкість хімічної реакції при збільшенні температури зростає.

За правилом Вант-Гоффа, підвищення температури на кожні 10 градусів призводить до зростання швидкості реакції у 2-4 рази.

Математично ця залежність описується формулою

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}, \text{ де}$$

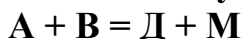
v_1, v_2 – швидкості реакції при значеннях температури t_1 та t_2 відповідно,
 γ – температурний коефіцієнт реакції, який показує, у скільки разів збільшується швидкість даної реакції з підвищенням температури на 10 градусів.

Приклади розв'язання задач

1. Обчисліть середню швидкість гомогенної реакції, що відбувається за рівнянням $A + B = D$, якщо концентрація продукту D за 10 хвилин зростає на 3,2 моль/л.

Дано:	Розв'язання
$\tau = 10 \text{ хв}$	$v = \frac{\Delta c}{\tau}; \quad v = \frac{3,2 \text{ моль/л}}{10 \text{ хв}} = 0,32 \text{ моль/(л·хв)}$
$\Delta c = 3,2 \text{ моль/л}$	
$v = ?$	Відповідь: 0,32 моль/(л·хв)

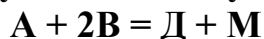
2. Хімічна реакція проходить у гомогенному середовищі за рівнянням



Початкова концентрація речовини A становить 0,5 моль/л, а речовини B – 0,7 моль/л. Через 20 с від початку реакції концентрація речовини A зменшилася до 0,2 моль/л. Визначте середню швидкість реакції. Якою через 40 с від початку реакції буде концентрація речовини B ?

Дано:	Розв'язання
$\tau_1 = 20 \text{ с}$	1. Визначимо зміну концентрації речовини A $\Delta[A] = [A]_0 - [A];$ $\Delta[A] = 0,5 \text{ моль/л} - 0,2 \text{ моль/л} = 0,3 \text{ моль/л}$
$[A]_0 = 0,5 \text{ моль/л}$	
$[B]_0 = 0,7 \text{ моль/л}$	2. Визначимо швидкість реакції за формулою $v = \frac{\Delta c}{\tau};$ $v = \frac{0,3 \text{ моль/л}}{20 \text{ с}} = 0,015 \text{ моль/(л·с)}$
$[A] = 0,2 \text{ моль/л}$	
$\tau_2 = 20 \text{ с}$	3. Визначимо зміну концентрації речовини B . $\Delta C = v \cdot \tau;$ $\Delta[B] = 0,015 \text{ моль/(л·с)} \cdot 40 \text{ с} = 0,6 \text{ моль/л}$
$v = ?$	
$[B] = ?$	4. Визначимо концентрацію речовини B . $[B] = [B]_0 - \Delta[B];$ $[B] = 0,7 \text{ моль/л} - 0,6 \text{ моль/л} = 0,1 \text{ моль/л}$ Відповідь: середня швидкість 0,015 моль/(л·с); концентрація речовини B 0,1 моль/л.

3. Хімічна реакція проходить у гомогенному середовищі за рівнянням



Початкова концентрація речовини А становить 0,5 моль/л, а речовини В – 0,8 моль/л. Через 20 с від початку реакції концентрація речовини А зменшилася до 0,4 моль/л. Якою через зазначений час від початку реакції буде концентрація речовини В? Визначте середню швидкість реакції через зміну концентрації речовини В.

Дано:	Розв'язання
$\tau = 20 \text{ с}$	1. Визначимо зміну концентрації речовини А
$[A]_0 = 0,5 \text{ моль/л}$	$\Delta[A] = [A]_0 - [A];$
$[B]_0 = 0,8 \text{ моль/л}$	$\Delta[A] = 0,5 \text{ моль/л} - 0,4 \text{ моль/л} = 0,1 \text{ моль/л}$
$[A] = 0,4 \text{ моль/л}$	2. Визначимо концентрацію речовини В.
$v - ?$	За рівнянням $A + 2B = D + M$,
$[B] - ?$	т. як $v(B) = 2v(A)$, то $\Delta[B] = 2\Delta[A];$
	$\Delta[B] = 2 \cdot 0,1 \text{ моль/л} = 0,2 \text{ моль/л}$
	$[B] = [B]_0 - \Delta[B];$
	$[B] = 0,8 \text{ моль/л} - 0,2 \text{ моль/л} = 0,6 \text{ моль/л}$
	3. Визначимо швидкість реакції за формулою $v = \frac{\Delta C}{\tau};$
	$v = \frac{0,2 \text{ моль/л}}{20 \text{ с}} = 0,01 \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}$
	Відповідь: концентрація речовини В 0,6 моль/л; середня швидкість 0,01 моль/(л·с);

4. Обчисліть константу швидкості реакції взаємодії хлору з воднем, якщо при початкових концентраціях водню та хлору 0,04 моль/л, початкова швидкість реакції при певній температурі становить 0,0006 моль/(л·с).

Дано:	Розв'язання
$[H_2]_0 = 0,04 \text{ моль/л}$	$H_2 + Cl_2 = 2HCl$
$[Cl_2]_0 = 0,04 \text{ моль/л}$	$v_0 = k \cdot [H_2]_0 \cdot [Cl_2]_0$
$v = 0,0006 \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}$	$k = \frac{v_0}{[H_2] \cdot [Cl_2]};$
$k - ?$	$k = \frac{0,0006 \text{ моль/(л} \cdot \text{с)}}{0,04 \text{ моль/л} \cdot 0,04 \text{ моль/л}} = 0,375 \text{ (л} \cdot \text{с)/моль}$
	Відповідь: 0,375 (л·с)/моль

5. Як зміниться швидкість реакції, температурний коефіцієнт якої 2, при підвищенні температури з 10 до 40 °C?

Дано:

$$\gamma = 2$$

$$t_1 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = ?$$

Розв'язання

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} \quad \frac{v_2}{v_1} = 2^{\frac{40 - 10}{10}} = 8 \text{ (разів)}$$

Відповідь: збільшиться у 8 разів

6. При 30 °C реакція відбувається за 3 хвилини. Скільки часу буде відбуватися ця реакція при 60 °C? Температурний коефіцієнт становить 3.

Дано:

$$\tau_1 = 3 \text{ хв} = 180 \text{ с}$$

$$\gamma = 3$$

$$t_1 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_2 = ?$$

Розв'язання

1. Обчислимо у скільки разів зросте швидкість реакції при підвищенні температури від 30 °C до 60 °C.

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} ; \quad \frac{v_2}{v_1} = 3^{\frac{60 - 30}{10}} = 27 \text{ (разів)}$$

2. Обчислимо, скільки часу буде відбуватися реакція при 60 °C. Час протікання реакції та її швидкість співвідносяться як:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\tau_1}{\tau_2}, \text{ звідси } \tau_2 = \frac{v_1 \cdot \tau_1}{v_2}; \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{27}$$

$$\tau_2 = \frac{180 \text{ с}}{27} = 6,7 \text{ с}$$

Відповідь: 6,7 с

7. На скільки градусів необхідно збільшити температуру реакційного середовища, щоб швидкість реакції зросла у 81 раз. Температурний коефіцієнт дорівнює 3.

Дано:

$$\gamma = 3$$

$$\frac{v_2}{v_1} = 81$$

$$\Delta t = ?$$

Розв'язання

1. Запишемо математичний вираз правила Вант-Гоффа і підставимо дані:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} ; \quad 81 = 3^{\frac{t_2 - t_1}{10}} ; \quad 3^4 = 3^{\frac{t_2 - t_1}{10}} ;$$

2. Обчислимо значення різниці температур.

$$\frac{t_2 - t_1}{10} = 4 ; \quad t_2 - t_1 = 40$$

Відповідь: на 40 градусів

8. Визначте температурний коефіцієнт реакції, якщо при підвищенні температури з 20 °С до 60 °С її швидкість збільшилась у 256 разів.

Дано:	Розв'язання
$t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\frac{v_2}{v_1} = 256$	1. Запишемо математичний вираз правила Вант-Гоффа і підставимо дані: $\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}; \quad 256 = \gamma^{\frac{60 - 20}{10}};$ 2. Обчислимо значення температурного коефіцієнта реакції. $256 = \gamma^4; \quad 4^4 = \gamma^4; \quad \gamma = 4$
$\gamma - ?$	Відповідь: 4

9. Як зміниться початкова швидкість прямої реакції $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$, якщо об'єм газової суміші зменшити у 3 рази?

Дано:	Розв'язання
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{3}$	1. Запишемо вираз закону дії мас для реакції $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ $v_1 = k \cdot [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3$ 2. Зменшення об'єму газової суміші пропорційно збільшенню концентрації реагентів, тому $v_2 = k \cdot [3\text{N}_2] \cdot [3\text{H}_2]^3$ 3. Обчислимо відношення швидкостей реакції. $\frac{v_2}{v_1} = \frac{k \cdot [3\text{N}_2] \cdot [3\text{H}_2]^3}{k \cdot [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} = 81$
$\frac{v_2}{v_1} - ?$	Відповідь: збільшиться в 81 раз

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

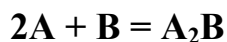
1. Хімічна реакція проходить відповідно до рівняння

$$2\text{A} + \text{B} = \text{A}_2\text{B}$$

Як зміниться швидкість реакції, якщо концентрацію речовини А збільшити в 3 рази, а концентрацію речовини В залишити сталою?

Алгоритм розв'язання

1. Записати скорочену умову задачі.
2. Записати вираз для обчислення початкової швидкості реакції за законом дії мас.



$$v_0 = k \cdot [A]^2 \cdot [B]$$

3. Записати вираз для обчислення швидкості реакції при збільшенні концентрації реагуючої речовини.

$$v = k \cdot [3A]^2 \cdot [B]$$

4. Обчислити відношення швидкостей реакції.

$$\frac{v}{v_0} = \frac{k \cdot [3A]^2 \cdot [B]}{k \cdot [A]^2 \cdot [B]} = 9$$

5. Записати відповідь.

Відповідь: збільшиться в 9 разів

- 2. У скільки разів потрібно підвищити тиск, щоб швидкість реакції утворення нітроген(IV) оксиду відповідно до реакції $2NO_{(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{2(г)}$ збільшилась у 1000 разів?**

Орієнтовні дії

Записати вираз закону дії мас до запропонованої реакції. Підвищення тиску газової суміші пропорційно збільшенню концентрації реагентів, тому в вираз закону дії мас слід підставити збільшені в n разів концентрації. Записати відношення v_2 до v_1 і прирівняти його до числа рівного збільшенню швидкості. Обчислити n .

Відповідь: в 10 разів

- 3. При температурі 10 °C реакція протікає за 5 хвилин, при 20 °C - за 2 хвилини. Обчисліть температурний коефіцієнт швидкості реакції.**

Орієнтовні дії

Записати математичний вираз правила Вант-Гоффа. Врахувати, що швидкість обернено пропорційна часу. Обчислити температурний коефіцієнт швидкості реакції.

Відповідь: 2,5

Розрахункові задачі для самостійного розв'язання

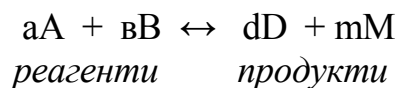
- Обчисліть швидкість хімічної реакції $2NO + O_2 = 2NO_2$, якщо концентрація нітроген(II) оксиду протягом 10 хв зменшилась від 0,2 до 0,1 моль/л. *Відповідь: $1,67 \cdot 10^{-4}$ моль/(л·хв).*
- Обчисліть швидкість хімічної реакції $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$, яка відбувається в ємності об'ємом 2 л. Кількість речовини нітрогену протягом 15 хв зменшилась від 1,3 до 0,90 моль. *Відповідь: $2,2 \cdot 10^{-4}$ моль/(л·хв).*

3. Початкова концентрація хлору в реакції $\text{H}_{2(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = 2\text{HCl}_{(\text{r})}$ становить 1,6 моль/л. У скільки разів зменшиться концентрація цієї речовини через 10 хвилин, якщо середня швидкість реакції становить 0,1 моль/л·хв. *Відповідь: в 2,67 разів.*
4. У скільки разів зміниться швидкість прямої хімічної реакції, що протікає в гомогенній системі: $2\text{NO} + \text{Br}_2 = 2\text{NOBr}_2$ при збільшенні концентрації NO в два рази. *Відповідь: в 4 рази.*
5. Обчисліть, як зміниться швидкість хімічної реакції $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$, якщо об'єм реагуючої суміші збільшиться у 4 рази? *Відповідь: зменшиться у 64 рази.*
6. Як зміниться швидкість прямої реакції $2\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{SO}_{3(\text{r})}$, якщо тиск у системі підвищити в 3 рази? *Відповідь: 27 разів*
7. У скільки разів потрібно збільшити тиск у системі $\text{H}_{2(\text{r})} + \text{I}_{2(\text{r})} = 2\text{HI}_{(\text{r})}$, щоб швидкість утворення HI збільшилась у 25 разів? *Відповідь: у 5 разів*
8. При температурі 40 °C реакція відбувається за 13 хвилин. Температурний коефіцієнт реакції дорівнює 3. Скільки часу необхідно для протікання реакції при температурі 60 °C? *Відповідь: 1,44 хв.*
9. При охолодженні реакційної суміші з 80 °C до 50 °C швидкість хімічної реакції зменшилась в 27 разів. Визначте температурний коефіцієнт реакції. *Відповідь: 3.*

7.2. Хімічна рівновага

Актуалізація опорних знань та умінь

1. **Оборотні хімічні реакції** - це реакції, які протікають у протилежних напрямках. Реакція, що протікає зліва направо називається **прямою**, а та, що перебігає справа наліво – **зворотною**.
2. Швидкість прямої та зворотної реакцій змінюється в процесі перебігу хімічних реакцій.
3. Швидкість як прямої, так і зворотної реакцій визначається за законом дії мас: **швидкість прямої реакції пропорційна добутку концентрацій реагентів, а швидкість зворотної реакції пропорційна добутку концентрацій продуктів.** Для оборотної реакції, представленою схемою



швидкість прямої реакції $v_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b$,
 швидкість зворотної реакції $v_{\text{зв}} = k_{\text{зв}} [\text{D}]^d \cdot [\text{M}]^m$

Основні поняття, формули та розрахунки

1. Рівноважні реакції протікають до стану хімічної рівноваги, в якому швидкість прямої реакції дорівнює швидкості зворотної реакції.

2. Концентрації всіх учасників (реагентів і продуктів) у стані хімічної рівноваги називаються **рівноважними**, вони не змінюються в часі. Рівноважні концентрації позначаються: $[A]_p$; $[B]_p$; $[D]_p$; $[M]_p$.

Концентрації речовин на початку реакції називаються початковими і мають таке позначення: $[A]_0$; $[B]_0$; $[D]_0$; $[M]_0$.

Концентрації реагентів, що витрачені на певний момент реакції, називаються прореагувавшими $[A]_{\text{прор}}$; $[B]_{\text{прор}}$.

Концентрації продуктів, що утворені на певний момент реакції, називаються утвореними $[D]_{\text{утвор}}$; $[M]_{\text{утвор}}$.

Рівноважні концентрації реагентів визначаються за формулами:

$$[A]_p = [A]_0 - [A]_{\text{прор}}; [B]_p = [B]_0 - [B]_{\text{прор}}$$

Рівноважні концентрації продуктів визначаються за формулами:

$$[D]_p = [D]_0 + [D]_{\text{утвор}}; [M]_p = [M]_0 + [M]_{\text{утвор}}$$

3. Стан хімічної рівноваги характеризується **константою рівноваги**.

Константу рівноваги можна виражати:

- через рівноважні концентрації $K_C = \frac{[D]^d \cdot [M]^m}{[A]^a \cdot [B]^b}$

- через рівноважні парціальні тиски P_D ; P_M ; P_A ; P_B учасників реакції:

$$K_p = \frac{[P_D]^d \cdot [P_M]^m}{[P_A]^a \cdot [P_B]^b}$$

- через рівноважні мольні частки реагентів χ_A і χ_B та продуктів χ_M та χ_D :

$$K_\chi = \frac{[\chi_D]^d \cdot [\chi_M]^m}{[\chi_A]^a \cdot [\chi_B]^b}$$

4. Зв'язок констант рівноваги:

$$K_p = K_C(RT)^{\Delta\nu}; \quad K_p = K_\chi(P_{\text{заг}})^{\Delta\nu}, \text{ де}$$

R – універсальна газова стала (8,314 Дж/(моль·К));

T – температура, К;

$\Delta\nu$ – різниця сум коефіцієнтів продуктів та реагентів $[(m + d) - (a + b)]$;

$P_{\text{заг}}$ – загальний тиск в системі, Па.

$$\text{Якщо } \Delta\nu = 0 \quad K_C = K_p = K_\chi$$

5. Константою рівноваги характеризують не тільки хімічні реакції, а й оборотні фізико-хімічні процеси у розчинах: дисоціація слабких кислот та основ, дисоціація в розчинах важкорозчинних речовин (рівновага в системі осад – розчин), гідроліз солей.

Дисоціація слабких кислот та основ характеризується константами K_a та K_b – константи дисоціації кислот (acidum) та основ (basis) відповідно.

Для CH_3COOH (слабка кислота), яка дисоціює за рівнянням



$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}; \quad K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_M}, \text{ де}$$

C_M – молярна концентрація кислоти, моль/л.

Для NH_4OH (слабка основа), яка дисоціює за рівнянням



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}; \quad K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_M}, \text{ де}$$

C_M – молярна концентрація основи, моль/л.

Для важкорозчинних речовин константою рівноваги буде добуток розчинності (ДР), як добуток концентрацій йонів у насиченому розчині важкорозчинної речовини.

У розчині BaSO_4 встановлюється рівновага $\text{BaSO}_{4(\text{т})} \leftrightarrow \text{Ba}^{2+}_{(\text{р})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{р})}$

$$\text{ДР}(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$$

Для реакцій гідролізу константа гідролізу (K_r) у різних групах солей визначається по різному:

Тип солі, рівняння гідролізу	Математичний вираз K_r
Сіль, утворена сильною основою і слабкою кислотою (наприклад NaNO_2) $\text{NO}_2^- + \text{HON} \leftrightarrow \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$	$K_r = \frac{K_w}{K_a}$ $K_r = \frac{[\text{HNO}_2] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NO}_2^-]}$
Сіль, утворена сильною кислотою і слабкою основою (наприклад NH_4NO_3) $\text{NH}_4^+ + \text{HON} \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+$	$K_r = \frac{K_w}{K_b}$ $K_r = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$
Сіль, утворена слабкою кислотою і слабкою основою (наприклад NH_4NO_2) $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{HON} \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{HNO}_2$	$K_r = \frac{K_w}{K_a \cdot K_b}$ $K_r = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{HNO}_2]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{NO}_2^-]}$

Для реакції $\text{NO}_2^- + \text{HOH} \leftrightarrow \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$

$$K_C = \frac{[\text{HNO}_2] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NO}_2^-] \cdot [\text{HOH}]}$$

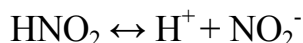
$$K_C \cdot [\text{HOH}] = \frac{[\text{HNO}_2] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NO}_2^-]}$$

Концентрацію води для дуже розбавлених та помірно концентрованих розчинів можна вважати сталою. Позначимо $K_C \cdot [\text{HOH}]$ через K_r , тоді

$$K_r = \frac{[\text{HNO}_2] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NO}_2^-]}$$

Домножимо чисельник та знаменник на $[\text{H}^+]$

$$K_r = \frac{[\text{HNO}_2] \cdot [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NO}_2^-] \cdot [\text{H}^+]}$$



$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}$$

$$K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] \quad (\text{при } 298 \text{ K } K_w = 1 \cdot 10^{-14})$$

$$K_r = \frac{K_w}{K_a}$$

6. Принцип Ле-Шательє (принцип зміщення рівноваги): якщо на систему, що перебуває у стані рівноваги, подіяти ззовні, то в системі відбуватимуться зміни, що послаблюють або знищують цю дію.

Виходячи з принципу Ле-Шательє:

- при збільшенні концентрацій реагентів рівновага зміщується вправо, при збільшенні концентрацій продуктів рівновага зміщується вліво;
- при збільшенні температури рівновага зміщується в бік ендотермічної реакції, а при зменшенні температури рівновага зміщується в бік екзотермічної реакції;
- при збільшенні тиску рівновага зміщується в бік реакції, яка протікає зі зменшенням об'єму, а при зменшенні тиску рівновага зміщується в бік реакції, яка протікає зі збільшенням об'єму.

Приклади розв'язання задач

7.2.1. Рівновага в хімічних перетвореннях

7.2.1.1. Обчислення константи рівноваги

1. Рівноважні концентрації речовин в реакції $\text{CO} + \text{Cl}_2 \leftrightarrow \text{COCl}_2$ дорівнюють: $[\text{CO}]_p = 0,2$ моль/л; $[\text{Cl}_2]_p = 0,3$ моль/л; $[\text{COCl}_2]_p = 1,2$ моль/л. Визначте константу рівноваги.

Дано:

$[\text{CO}]_p = 0,2$ моль/л
 $[\text{Cl}_2]_0 = 0,3$ моль/л
 $[\text{COCl}_2]_0 = 1,2$ моль/л

$K_c - ?$

Розв'язання:

1. Для реакції $\text{CO} + \text{Cl}_2 \leftrightarrow \text{COCl}_2$
запишемо вираз константи рівноваги

$$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]_p}{[\text{CO}]_p \cdot [\text{Cl}_2]_p}$$

2. Обчислимо константу рівноваги

$$K_c = \frac{1,2}{0,2 \cdot 0,3} = 20 \text{ (моль}^{-1} \cdot \text{л)}$$

Відповідь: 20 (моль⁻¹·л)

2. За певної температури рівноважна концентрація сульфур(VI) оксиду в реакції окиснення сульфур(IV) оксиду киснем дорівнює 0,03 моль/л. Початкові концентрації сульфур(IV) оксиду і кисню становили відповідно 0,07 і 0,06 моль/л. Обчисліть константу рівноваги.

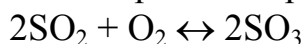
Дано:

$[\text{SO}_3]_p = 0,03$ моль/л
 $[\text{SO}_2]_0 = 0,07$ моль/л
 $[\text{O}_2]_0 = 0,06$ моль/л

$K_c - ?$

Розв'язання:

1. Запишемо рівняння реакції



2. Запишемо вираз константи рівноваги

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]_p^2}{[\text{SO}_2]_p^2 \cdot [\text{O}_2]_p}$$

3. Обчислимо рівноважні концентрації речовин:

$$[\text{SO}_2]_p = [\text{SO}_2]_0 - [\text{SO}_2]_{\text{прореаг}}$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{прореаг}} = [\text{SO}_3]_p = 0,03 \text{ моль/л;}$$

$$[\text{SO}_2]_p = 0,07 - 0,03 = 0,04 \text{ моль/л;}$$

$$[\text{O}_2]_p = [\text{O}_2]_0 - [\text{O}_2]_{\text{прореаг}};$$

$$[\text{O}_2]_{\text{прореаг}} = 1/2 [\text{SO}_3]_p = 0,015 \text{ моль/л;}$$

$$[\text{O}_2]_p = 0,06 - 0,015 = 0,045 \text{ моль/л.}$$

4. Обчислимо константу рівноваги

$$K_c = \frac{0,03^2}{0,04^2 \cdot 0,045} = 12,5 \text{ (моль}^{-1} \cdot \text{л)}$$

Відповідь: 12,5 (моль⁻¹·л)

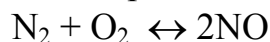
3. В результаті пропускання повітря крізь електричну дугу утворюється нітроген(II) оксид. Визначте константу рівноваги цієї реакції за температури 2500 °С, якщо вихід нітроген(II) оксиду становить 2,5 %.

Дано:
 $\eta\% = 2,5\%$

$K_c - ?$

Розв'язання:

1. Запишемо рівняння реакції



2. Запишемо вираз константи рівноваги

$$K_c = \frac{[\text{NO}]_p^2}{[\text{N}_2]_p \cdot [\text{O}_2]_p}$$

Для випадку $\Delta v = 0$ ($\Delta v = 2 - (1 + 1)$) у вираз константи можна підставляти рівноважні кількості речовини речовин, а для газів – об'єми.

3. Обчислимо рівноважні об'єми речовин.

Для 100 л повітря $[\text{N}_2]_0 = 80$ л ; $[\text{O}_2]_0 = 20$ л.

$$[\text{NO}]_p = 2,5 \text{ л}$$

$$[\text{N}_2]_{\text{пор}} = \frac{1}{2} [\text{NO}]_p = 1,25 \text{ л};$$

$$[\text{O}_2]_{\text{пор}} = [\text{N}_2]_{\text{пор}} = 1,25 \text{ л}$$

$$[\text{N}_2]_p = [\text{N}_2]_0 - [\text{N}_2]_{\text{пор}} = 80 \text{ л} - 1,25 \text{ л} = 78,75 \text{ л}$$

$$[\text{O}_2]_p = [\text{O}_2]_0 - [\text{O}_2]_{\text{пор}} = 20 \text{ л} - 1,25 \text{ л} = 18,75 \text{ л}$$

4. Обчислимо константу рівноваги

$$K_c = \frac{2,5^2}{78,75 \cdot 18,75} = 4,23 \cdot 10^{-3} \quad \text{Відповідь: } 4,23 \cdot 10^{-3}$$

4. Початкова концентрація хлору дорівнює 0,04 моль/л. До встановлення рівноваги 5 % молекул хлору розпалося на атоми. Обчисліть константу рівноваги розпаду хлору на атоми.

Дано:
 $[\text{Cl}_2]_0 = 0,04$ моль/л
 $[\text{Cl}_2]_{\text{пор}} = 0,05[\text{Cl}_2]_0$

$K_c - ?$

Розв'язання:

1. Запишемо рівняння реакції розпаду молекули хлору на атоми



2. Запишемо вираз константи рівноваги

$$K_c = \frac{[\text{Cl}]_p^2}{[\text{Cl}_2]_p}$$

3. Обчислимо рівноважні концентрації речовин:

$$[\text{Cl}_2]_{\text{пор}} = 0,05[\text{Cl}_2]_0 = 0,05 \cdot 0,04 \text{ моль/л} = 0,002 \text{ моль/л}$$

$$[\text{Cl}_2]_p = [\text{Cl}_2]_0 - [\text{Cl}_2]_{\text{пор}};$$

$$[\text{Cl}_2]_p = 0,04 \text{ моль/л} - 0,002 \text{ моль/л} = 0,038 \text{ моль/л}$$

$$[\text{Cl}]_p = 2[\text{Cl}_2]_{\text{пор}} = 0,004 \text{ моль/л}$$

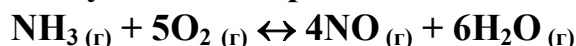
4. Обчислимо константу рівноваги

$$K_c = \frac{0,004^2}{0,038} = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}$$

Відповідь: $4,2 \cdot 10^{-4}$ моль/л

7.2.1.2. Обчислення рівноважних та вихідних концентрацій речовин

1. Оборотна реакція відбувається за рівнянням



Початкові концентрації учасників реакції: $[\text{NH}_3]_0 = 2$ моль/л; $[\text{O}_2]_0 = 3$ моль/л; $[\text{NO}]_0 = 1$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}]_0 = 2$ моль/л. Визначте концентрації всіх речовин на момент, коли прореагувало 20% амоніаку.

Дано:

$[\text{NH}_3]_0 = 2$ моль/л
 $[\text{O}_2]_0 = 3$ моль/л
 $[\text{NO}]_0 = 1$ моль/л
 $[\text{H}_2\text{O}]_0 = 2$ моль/л
 $[\text{NH}_3]_{\text{прор}} = 0,2[\text{NH}_3]_0$

$[\text{NH}_3]_{\text{р}} - ?$

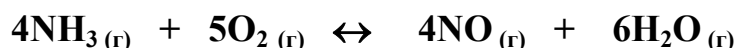
$[\text{O}_2]_{\text{р}} - ?$

$[\text{NO}]_{\text{р}} - ?$

$[\text{H}_2\text{O}]_{\text{р}} - ?$

Розв'язання:

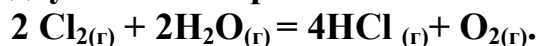
1. Запишемо рівняння реакції та обчислимо концентрації речовин в моль/л:



початкові	2	3	1	2
прор./утвор.	$2 \cdot 0,2 = 0,4$	$0,4 \cdot \frac{5}{4} = 0,5$	0,4	$\frac{6}{4} \cdot 0,4 = 0,6$
рівноважні	$2 - 0,4 = 1,6$	$3 - 0,5 = 2,5$	$1 + 0,4 = 1,4$	$2 + 0,6 = 2,6$

Відповідь: $[\text{NH}_3] = 1,6$ моль/л; $[\text{O}_2] = 2,5$ моль/л;
 $[\text{NO}] = 1,4$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}] = 2,6$ моль/л

2. Оборотна реакція відбувається за рівнянням



Рівноважні концентрації речовин: $[\text{Cl}_2]_{\text{р}} = 1,6$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}]_{\text{р}} = 1,4$ моль/л; $[\text{HCl}]_{\text{р}} = 2,6$ моль/л; $[\text{O}_2]_{\text{р}} = 0,5$ моль/л. Початкова концентрація кисню дорівнювала нулю. Обчисліть початкові концентрації інших речовин.

Дано:

$[\text{Cl}_2]_{\text{р}} = 1,6$ моль/л
 $[\text{H}_2\text{O}]_{\text{р}} = 1,4$ моль/л
 $[\text{HCl}]_{\text{р}} = 2,6$ моль/л
 $[\text{O}_2]_{\text{р}} = 0,5$ моль/л
 $[\text{O}_2]_0 = 0$

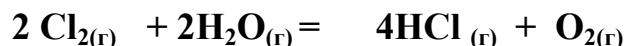
$[\text{Cl}_2]_0 - ?$

$[\text{H}_2\text{O}]_0 - ?$

$[\text{HCl}]_0 - ?$

Розв'язання:

Запишемо рівняння реакції та обчислимо концентрації речовин в моль/л:



початкові	2,6	2,4	0,6	0
прор./утвор.	1,0	1,0	2,0	0,5
рівноважні	1,6	1,4	2,6	0,5

$[\text{Cl}_2]_{\text{прор}} = 2[\text{O}_2]_{\text{р}} = 1$ моль/л

$[\text{H}_2\text{O}]_{\text{прор}} = 2[\text{O}_2]_{\text{р}} = 1$ моль/л

$[\text{HCl}]_{\text{утвор}} = 4[\text{O}_2]_{\text{р}} = 2$ моль/л

$[\text{O}_2]_{\text{р}} = 0,5$ моль/л

$[\text{Cl}_2]_0 = [\text{Cl}_2]_{\text{р}} + [\text{Cl}_2]_{\text{прор}} = 2,6$ моль/л

$[\text{H}_2\text{O}]_0 = [\text{H}_2\text{O}]_{\text{р}} + [\text{H}_2\text{O}]_{\text{прор}} = 2,4$ моль/л

$[\text{HCl}]_0 = [\text{HCl}]_{\text{р}}$

$[\text{HCl}]_{\text{утвор}} = 2,6 - 2 = 0,6$ моль/л

Відповідь: $[\text{Cl}_2]_0 = 2,6$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}]_0 = 2,4$ моль/л;
 $[\text{HCl}]_0 = 0,6$ моль/л

7.2.1.3. Обчислення концентрацій речовин за відомою константою хімічної рівноваги

1. Константа рівноваги реакції утворення йодоводню з простих речовин при 448 °С становить 50,2. Обчисліть кількість речовини йодоводню, що утвориться з 2,94 моль йоду та 8,10 моль водню.

Дано:	Розв'язання:
$[I_2]_0 = 2,94$ моль $[H_2]_0 = 8,10$ моль $K_c = 50,2$	1. Запишемо рівняння реакції і вираз константи рівноваги: $H_2 + I_2 = 2HI \quad K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]}$
$[HI]_p - ?$	2. Позначимо <math>[H_2]_{\text{пор}} за x, тоді $[I_2]_{\text{пор}}$ також дорівнює x</math> 3. Виразимо рівноважні концентрації: $[H_2]_p = [H_2]_0 - [H_2]_{\text{пор}} = 8,10 - x;$ $[I_2]_p = [I_2]_0 - [I_2]_{\text{пор}} = 2,94 - x;$ $[HI]_p = 2[H_2]_{\text{пор}} = 2 \cdot x$ 4. Підставимо рівноважні концентрації в вираз константи рівноваги та знайдемо x $50,2 = \frac{4x^2}{(8,1 - x) \cdot (2,94 - x)}; \quad x = 5,64 \text{ (моль)}$ 5. $[HI]_p = 2 \cdot 5,64 \text{ моль} = 11,28 \text{ моль}$ Відповідь: 11,28 моль

7.2.2. Хімічна рівновага в фізико-хімічних процесах та реакціях гідролізу

1. Визначте константу дисоціації оцтової кислоти в 0,1 М розчині при ступені дисоціації 1,3 %.

Дано:	Розв'язання:
$C_M = 0,1$ моль/л $\alpha = 1,3 \%$	1. Запишемо рівняння дисоціації оцтової кислоти $CH_3COOH \leftrightarrow H^+ + CH_3COO^-$ 2. Запишемо вираз константи дисоціації $K_a = \frac{[H^+]_p \cdot [CH_3COO^-]_p}{[CH_3COOH]_p}$ 3. $[H^+]_p = [CH_3COO^-]_p = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,013 = 0,0013 \text{ моль/л}$ 4. $[CH_3COOH]_p = 0,1 \text{ моль/л} - 0,0013 \text{ моль/л} = 0,0987 \text{ моль/л}$ 5. $K_a = \frac{0,0013 \cdot 0,0013}{0,0987} = 1,7 \cdot 10^{-5}$ Відповідь: $K_a = 1,7 \cdot 10^{-5}$

2. Визначте зміну ступеня дисоціації амоній гідроксиду після розбавлення його розчину з концентрацією в 1 моль/л у 10 разів. $K_b = 1,76 \cdot 10^{-5}$.

Дано:

$$C_M = 1 \text{ моль/л}$$

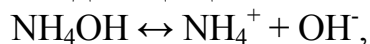
$$K_b = 1,76 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{C_{M1}}{C_{M2}} = 10$$

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = ?$$

Розв'язання:

1. Запишемо рівняння дисоціації амоній гідроксиду:



2. Запишемо вираз константи дисоціації:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

3. Запишемо вираз математичного зв'язку константи дисоціації зі ступенем дисоціації для слабкого електроліту: $K_b = C_M \cdot \alpha^2$

4. Обчислимо ступені дисоціації для вихідного розчину та розбавленого:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K_b}{C_{M1}}} = \sqrt{\frac{1,76 \cdot 10^{-5}}{1}} = 4,2 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{K_b}{C_{M2}}} = \sqrt{\frac{1,76 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = 1,32 \cdot 10^{-2}$$

5. Визначаємо зміну ступеня дисоціації:

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{1,32 \cdot 10^{-2}}{4,2 \cdot 10^{-3}} = 3,14$$

Відповідь: ступінь дисоціації зросла у 3,14 рази

3. Визначте добуток розчинності літій фосфату, якщо при 25 °C в 500 мл води розчиняється 0,1914 г Li_3PO_4 .

Дано:

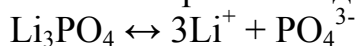
$$m(\text{Li}_3\text{PO}_4) = 0,1914 \text{ г}$$

$$V_{\text{р-ну}} = 0,5 \text{ л}$$

$$\text{ДР} = ?$$

Розв'язання:

1. Запишемо рівняння дисоціації солі



2. $\text{ДР}(\text{Li}_3\text{PO}_4) = [\text{Li}^+]^3 \cdot [\text{PO}_4^{3-}]$

3. $[\text{Li}^+] = 3C_M(\text{Li}_3\text{PO}_4)$; $[\text{PO}_4^{3-}] = C_M(\text{Li}_3\text{PO}_4)$

4. $C_M = \frac{v}{V}$; $v = \frac{m}{M}$; $C_M = \frac{m}{M \cdot V}$; $M(\text{Li}_3\text{PO}_4) = 116 \text{ г/моль}$

$$C_M = \frac{0,1914 \text{ г}}{116 \text{ г/моль} \cdot 0,5 \text{ л}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

5. $\text{ДР}_{\text{Li}_3\text{PO}_4} = (3 \cdot 3,3 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 3,3 \cdot 10^{-3} = 3,2 \cdot 10^{-9}$

Відповідь: $\text{ДР}(\text{Li}_3\text{PO}_4) = 3,2 \cdot 10^{-9}$

4. Визначте розчинність в г/л магній арсенату, якщо добуток його розчинності дорівнює $2,1 \cdot 10^{-20}$.

Дано:	Розв'язання:
$ДР[Mg_3(AsO_4)_2] = 2,1 \cdot 10^{-20}$	1. Запишемо рівняння дисоціації солі $Mg_3(AsO_4)_2 \leftrightarrow 3Mg^{2+} + 2AsO_4^{3-}$
$s[Mg_3(AsO_4)_2] - ?$	2. $ДР[Mg_3(AsO_4)_2] = [Mg^{2+}]^3 \cdot [AsO_4^{3-}]^2$ 3. Позначимо молярну концентрацію солі за x . $[Mg_3(AsO_4)_2] = x$ $[Mg^{2+}] = 3x$ $[AsO_4^{3-}] = 2x$ 4. $2,1 \cdot 10^{-20} = (3x)^3 \cdot (2x)^2$ $2,1 \cdot 10^{-20} = 108x^5$ $x^5 = 1,94 \cdot 10^{-22}$ $x = 4,55 \cdot 10^{-5}$ $[Mg_3(AsO_4)_2] = 4,55 \cdot 10^{-5}$ моль/л 5. $s[Mg_3(AsO_4)_2] = [Mg_3(AsO_4)_2] \cdot M[Mg_3(AsO_4)_2] =$ $= 4,55 \cdot 10^{-5}$ моль/л $\cdot$ 350 г/моль = 0,016 г/л Відповідь: 0,016 г/л

5. В одному літрі води розчинили 8,2 г натрій ацетату (CH_3COONa). За рахунок гідролізу в розчині утворились гідроксид-йони, концентрація яких становила $7,9 \cdot 10^{-6}$ моль/л. Визначте константу гідролізу натрій ацетату.

Дано:	Розв'язання:
$m(CH_3COONa) = 8,2$ г $[OH^-]$ $= 7,9 \cdot 10^{-6}$ моль/л	1. $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$
$K_r - ?$	2. $K_r = \frac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-]}$ 3. $[CH_3COOH] = [OH^-] = 7,9 \cdot 10^{-6}$ моль/л 4. $[CH_3COO^-] = C_M(CH_3COONa)$ $C_M = \frac{v}{V}$; $v = \frac{m}{M}$; $C_M = \frac{m}{M \cdot V}$; $M(CH_3COONa) = 82$ г/моль $C_M(CH_3COONa) = \frac{8,2 \text{ г}}{82 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}} = 0,1$ моль/л Натрій ацетат сильний електроліт і повністю розпадається на йони. Аніони солі утворюють молекули CH_3COOH лише в незначній кількості. Гідролітична рівновага зміщена вліво. Отже, з невеликою похибкою можна вважати, що концентрація CH_3COO^- в розчині дорівнює концентрації солі CH_3COONa 0,1 моль/л. 5. $K_r = \frac{(7,9 \cdot 10^{-6})^2}{0,1} = 6,3 \cdot 10^{-10}$ Відповідь: $K_r = 6,3 \cdot 10^{-10}$

7. При розчиненні в воді натрій арсенату Na_3AsO_4 утворився розчин солі з молярною концентрацією 0,1 моль/л. Визначте ступінь гідролізу натрій арсенату. Константи дисоціації H_3AsO_4 дорівнюють: $K_{a1} = 6 \cdot 10^{-3}$; $K_{a2} = 1 \cdot 10^{-7}$; $K_{a3} = 3 \cdot 10^{-12}$.

Дано:

$$\begin{aligned} C_M(\text{Na}_3\text{AsO}_4) &= 0,1 \text{ моль/л} \\ K_{a1} &= 6 \cdot 10^{-3} \\ K_{a2} &= 1 \cdot 10^{-7} \\ K_{a3} &= 3 \cdot 10^{-12} \end{aligned}$$

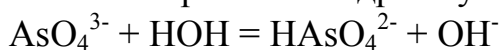
$h = ?$

Розв'язання:

1. Визначимо, якою кислотою та основою утворена сіль.

Сіль Na_3AsO_4 – сіль слабкої кислоти та сильної основи.

2. Запишемо рівняння гідролізу солі:



$$K_r = \frac{[\text{HAsO}_4^{2-}] \cdot [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{AsO}_4^{3-}] \cdot [\text{H}^+]}$$

$$K_{a3} = \frac{[\text{AsO}_4^{3-}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{HAsO}_4^{2-}]}$$

3. Обчислимо константу гідролізу:

$$K_r = \frac{K_w}{K_{a3}} ; (K_w = 1 \cdot 10^{-14})$$

$$K_r = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{3 \cdot 10^{-12}} = 3,33 \cdot 10^{-3}$$

$$4. \quad K_r = h^2 \cdot C_M ; \quad h = \sqrt{\frac{K_r}{C_M}} \quad h = \sqrt{\frac{3,33 \cdot 10^{-3}}{0,1}} = 0,182$$

Відповідь: 0,182

Задачі для розв'язання (напівсамостійна робота)

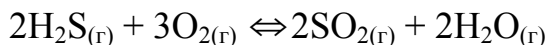
1. Обчисліть розчинність у моль/л та г/л аргентум карбонату у воді та у розчині натрій карбонату з молярною концентрацією 0,01 моль/л. Добуток розчинності аргентум карбонату дорівнює $6 \cdot 10^{-12}$.

Орієнтовні дії

Розчинність аргентум карбонату у воді обчислюється добутком розчинності, з якого можна визначити концентрацію йонів Аргентуму та карбонат йонів. При обчисленні розчинності аргентум карбонату у розчині натрій карбонату, слід врахувати, що концентрація карбонат йонів буде визначатися концентрацією Na_2CO_3 (сильний електроліт, дисоціює повністю).

Задачі для самостійного розв'язку

1. Визначити концентрації всіх реагентів в оборотній реакції



в момент, коли прореагувало 50% сірководню. Початкові концентрації сполук: $[\text{H}_2\text{S}]_0 = 6$ моль/л; $[\text{O}_2]_0 = 9$ моль/л; $[\text{SO}_2]_0 = 1$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}]_0 = 0,5$ моль/л. (Відповідь: $[\text{H}_2\text{S}]_{\text{к}} = 3$ моль/л; $[\text{O}_2]_{\text{к}} = 4,5$ моль/л; $[\text{SO}_2]_{\text{к}} = 4$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}]_{\text{к}} = 3,5$ моль/л)

2. Визначити константу рівноваги реакції $4\text{NH}_{3(\text{г})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{N}_{2(\text{г})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$, якщо початкові концентрації речовин $[\text{NH}_3]_0 = 6$ моль/л; $[\text{O}_2]_0 = 5$ моль/л; $[\text{N}_2]_0 = 0$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}]_0 = 0,5$ моль/л і рівноважна концентрація азоту 2 моль/л. (Відповідь: $1,32 \text{ моль}^{-3} \cdot \text{л}^3$)

3. Визначити рівноважні концентрації всіх речовин в оборотній реакції $\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + \text{CO}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$, якщо константа рівноваги реакції $K_{\text{с}} = 1$, а початкові концентрації речовин: $[\text{H}_2\text{O}]_0 = 10$ моль/л; $[\text{CO}]_0 = 25$ моль/л; $[\text{CO}_2]_0 = 2$ моль/л; $[\text{H}_2]_0 = 3$ моль/л. (Відповідь: $[\text{H}_2\text{O}]_{\text{р}} = 3,9$ моль/л; $[\text{CO}]_0 = 18,9$ моль/л; $[\text{CO}_2]_{\text{р}} = 8,1$ моль/л; $[\text{H}_2]_{\text{р}} = 9,1$ моль/л)

4. Обчисліть константу дисоціації хлорноватистої кислоти HClO , якщо ступінь її дисоціації в розчині з молярною концентрацією 0,2 моль/л становить 0,045 %. Яка концентрація йонів H^+ у цьому розчині? (Відповідь: $K_{\text{а}} = 4,05 \cdot 10^{-8}$; $[\text{H}^+] = 9 \cdot 10^{-5}$)

5. В деякому об'ємі розчину слабкої кислоти міститься $2 \cdot 10^6$ молекул, $4 \cdot 10^3$ йонів Гідрогену та стільки ж йонів кислотного залишку. Визначте ступінь дисоціації кислоти. (Відповідь: $\alpha = 1,996 \cdot 10^{-6}$)

6. Обчисліть добуток розчинності плюмбум(II) йодиду у воді, якщо за кімнатної температури у 100 г води розчиняється 0,058 г солі. (Відповідь: $\text{ДР PbI}_2 = 8 \cdot 10^{-9}$)

7. Чи випаде осад при змішуванні 100 мл розчину калій сульфату з концентрацією 0,01 моль/л та 100 мл кальцій хлориду з концентрацією 0,005 моль/л. $\text{ДР CaSO}_4 = 6 \cdot 10^{-5}$. (Відповідь: осад не випаде)

8. Визначте загальну концентрацію молекул, та йонів в розчині форміатної кислоти HCOOH з молярною концентрацією 0,002 моль/л. $K_{\text{а}} \text{HCOOH} = 1,8 \cdot 10^{-4}$. (Відповідь: концентрація йонів – $1,2 \cdot 10^{-3}$, молекул – $1,4 \cdot 10^{-3}$)

10. Визначте розчинність у г/л кальцій флуориду та концентрацію флуорид-йонів у насиченому розчині цієї солі, якщо добуток розчинності його дорівнює $4 \cdot 10^{-11}$. (Відповідь: 0,0265 г/л; $[\text{F}^-] = 6,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л)

Приклад позааудиторної контрольної роботи для перевірки знань з теми

Інструкція для виконання позааудиторної контрольної роботи

Після самостійного виконання переважної більшості запропонованих вище задач з теми необхідно виконати контрольну роботу № 6 (КР-6). Вона включає 6 завдань, розрахованих на 3 години. Бажано з завданнями КР-6 ознайомитися безпосередньо при її написанні, що дає можливість перевірити свої знання та вміння в умовах близьких до проведення екзамену чи заліку. Під час контрольної роботи користуватися засобами, що містять підказки неможна. Ви успішно справитесь з контрольними завданнями, якщо систематично, наполегливо працювали. Контрольну роботу необхідно виконати в окремому зошиті і здати вчасно викладачу для перевірки.

Контрольна робота № 5 (КР-5)

Варіант I

1. Масова частка крохмалю у картоплі становить 20%. Яку масу глюкози можна добути з картоплі масою 1620 кг, якщо відносний вихід продукту дорівнює 75%.
2. Тонкоподрібнену суміш алюмінію і залізної ошарини (ферум(II, III) оксиду) застосовують для зварювання металічних виробів. Обчисліть мінімальні маси вихідних речовин, які необхідно взяти для того, щоб виділилося 665,26 кДж теплоти в процесі алюмотермії, якщо стандартні теплоти утворення ферум(II, III) оксиду та алюміній оксиду становлять 1117 кДж/моль і 1670 кДж/моль відповідно.
3. Середня швидкість реакції $A + B = C$ дорівнює 0,001 моль/л·с. З підвищенням температури на 10 °C вона збільшується в 3 рази. Якою буде концентрація речовини C після 10 с перебігу реакції при умові, що температура була підвищена на 50 °C.
4. Визначити константу дисоціації фторидної кислоти, якщо ступінь дисоціації її в 0,5 М розчині становить 3,62 %.
5. Чи випаде в осад кальцій сульфат, якщо змішати однакові об'єми 0,002 М розчині кальцій хлориду і натрій сульфату ($DP(CaSO_4) = 9,7 \cdot 10^{-6}$).

Варіант II

1. Яку масу крохмалю потрібно піддати гідролізу, щоб з добутої глюкози під час молочнокислого бродіння утворювалася молочна кислота масою 108 г. Вихід продуктів гідролізу крохмалю дорівнює 80%, продукту бродіння глюкози – 60%.

- Обчисліть теплоту утворення етену, якщо при спалюванні 44,8 л (н.у.) цього газу виділилося 2822 кДж теплоти. Стандартні теплоти утворення карбон(IV) оксиду та води (рідина) відповідно становлять: $\Delta H_f^0 = -393$ кДж/моль і $\Delta H_f^0 = -286$ кДж/моль.
- У двох посудинах об'ємом по 20 л при однаковій температурі знаходяться суміші газуватих речовин А і В. В якій посудині швидше і у скільки разів буде проходити хімічна реакція $A + B = AB$, якщо в першу посудину ввести 2 моль речовини А і 4 моль речовини В, а в другу – 6 моль речовини А і 3 моль речовини В.
- Константа дисоціації фторидної кислоти становить $6,8 \cdot 10^{-4}$. Визначити ступінь дисоціації та концентрацію фторид-іонів в 0,5М розчині фторидної кислоти.
- Обчислити ДР (AgI) при 25 °С, якщо розчинність цієї солі у воді за даної температури становить $2,14 \cdot 10^{-5}$ г/л.

Варіант III

- В контактний апарат подали 100 м³ карбон(II) оксиду і 500 м³ водяної пари. Після реакції конденсації водяної пари та приведення суміші до початкових умов об'єм її становив 160 м³. Визначте ступінь перетворення карбон(II) оксиду.
- При спалюванні газуватого етанолу в кисні виділилося 4417 кДж теплоти і залишилося 14,96 л непрореагованого кисню (102 кПа, 33 °С). Обчислити масові частки компонентів у вихідній суміш, якщо відомо, що стандартні теплоти утворення (ΔH_f^0) карбон(IV) оксиду, газуватої води і газуватого етанолу дорівнюють -393,5 кДж/моль, -241,8 кДж/моль і -166,4 кДж/моль відповідно.
- Початкові концентрації речовин в реакції $A_{(газ)} + 2B_{(газ)} \leftrightarrow 2C_{(газ)}$ були $[A_{(газ)}] = 0,5$ моль/л, $[B_{(газ)}] = 1,2$ моль/л. Рівновага встановилась на момент, коли прореагувало 60 % речовини В. Визначте константу рівноваги реакції K_c . У який бік зміститься рівновага, якщо одночасно підвищити тиск у 3 рази та температуру збільшити на 20 °С. Температурні коефіцієнти реакцій: прямої – 2, а зворотної – 4.
- Визначте рН 0,1 М розчину сірководню, при якій можливе практично повне осадження іонів Pb^{2+} сірководнем, якщо добуток розчинності плумбум(II) сульфіді дорівнює $2,5 \cdot 10^{-27}$, а константи дисоціації сульфідної кислоти дорівнюють $K_1 = 8,9 \cdot 10^{-8}$ і $K_2 = 1,3 \cdot 10^{-3}$.
- Знайдіть концентрації іонів в насиченому розчині плумбум(II) фосфату та розчинність солі (г/л), якщо $ДР[Pb_3(PO_4)_2] = 7,9 \cdot 10^{-43}$.

Приклад підсумкової контрольної роботи для перевірки знань та вмінь розв'язувати розрахункові задачі з хімії

Інструкція для виконання позааудиторної контрольної роботи

Після самостійного виконання переважної більшості запропонованих задач з усіх розділів необхідно виконати підсумкову контрольну роботу № 6 (КР-6). Вона включає 6 завдань, розрахованих на 3 години. Бажано з завданнями КР-6 ознайомитися безпосередньо при її написанні, що дає можливість перевірити свої знання та вміння в умовах близьких до проведення екзамену чи заліку. Під час контрольної роботи користуватися засобами, що містять підказки неможна. Ви успішно справитесь з контрольними завданнями, якщо систематично, наполегливо працювали. Контрольну роботу необхідно виконати в окремому зошиті і здати вчасно викладачу для перевірки.

Підсумкова контрольна робота № 6 (КР-6)

Варіант I

1. Зразок кристалогідрату купрум(II) сульфату, забруднений калій сульфатом, містить 25,1 % Купруму і 35,3 % води. Встановіть формулу кристалогідрату. Запишіть формулу для визначення масової частки елемента в суміші (зразку). Обчисліть вміст домішок калій сульфату у зразку кристалогідрату.
2. Розчинили 7,2 г ферум(II) оксиду у необхідній кількості 24,5%-ного розчину сульфатної кислоти. Через деякий час при охолодженні з розчину випали кристали ферум(II) сульфату-вода 1/7 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Скільки грамів кристалогідрату випало, якщо при даній температурі в насиченому розчині масова частка ферум(II) сульфату становить 13,6 %.
3. При спалюванні 10 л (н.у.) пропан-бутанової суміші виділилося 1234,65 кДж теплоти. Визначити склад суміші (у % за об'ємом), якщо теплоти згоряння пропану і бутану відповідно становлять 2221,52 кДж/моль та 2880,43 кДж/моль. Якого складу солі утворяться, якщо через 1 л 1,5М розчину натрій гідроксиду пропустити продукти згоряння вихідної суміші.
4. 100 мл суміші метану і карбон(II) оксиду вибухнула зі 120 мл кисню. Після конденсації водяної пари і приведення газів до початкових умов їх об'єм становив 140 мл. Визначте об'ємну частку метану у вихідній суміші.
5. На повне згоряння 10,4 г вуглеводню – похідної бензену витратили 22,4 (н.у.) кисню. Визначте формулу вуглеводню. Напишіть реакції його взаємодії з хлором, хлороводнем. Для одержання якої технічно важливої речовини використовують цей вуглеводень?
6. У скільки разів необхідно підвищити тиск у системі $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$, щоб швидкість утворення гідроген йодиду збільшилася у 100 разів?

Варіант II

1. Визначте невідомі гази А і В за такими відомостями: сума їх молярних мас дорівнює 72 г/моль; в суміші А і В об'ємна та масова частки речовини А відповідно становлять $\varphi(A) = 0,175$; $w(A) = 0,250$.
2. 10 л суміші водню і метану (CH_4) спалили в надлишку кисню. Зміна об'єму вихідних речовин і продуктів реакцій становила 16 л. Об'єми газів виміряні за нормальних умов. Обчисліть мольні частки водню і метану в суміші.
3. Суміш бутану, етену і пропіну об'ємом 2 л (н.у.) повністю знебарвлює 442 г насиченої при 20 °С бромної води (3,53 г броду розчиняється в 100 г води). На повне спалювання 2 л (н.у.) вихідної суміші газів витрачається 7,6 л озонованого на 20 % кисню. Визначте склад за об'ємом вихідної суміші газів.
4. До 35,6 мл 40%-го розчину фосфатної кислоти (1,38 г/мл) додали 32,8 мл 20 % розчину натрій гідроксиду (1,22 г/мл). Розчин обережно випарили та одержали 31 г кристалічної речовини. Визначте її формулу.
5. Скільки теплоти виділиться при спалюванні 4,48 м³ (н.у.) ацетилену, якщо стандартні теплоти утворення карбон(IV) оксиду, рідкої води та ацетилену (ΔH_f°) становлять відповідно: -393,3 кДж/моль; -286,2 кДж/моль та 226,8 кДж/моль.
6. Суміш цинк нітрату і металічного цинку прожарили на повітрі. Після охолодження маса суміші не змінилася. Обчислити масові частки компонентів вихідної суміші.

Варіант III

1. Масова частка Нітрогену, Карбону та Оксигену у сполуці А становлять відповідно 9,82 %, 8,42 % та 11,23 %, решта – масова частка металу зі ступенем окиснення +2. Визначте формулу речовини А. Який об'єм газової суміші виділиться в результаті термолізу 10 г речовини А? Яку тривіальну назву використовують для цієї речовини, де вона використовується.
2. На суміш масою 20 г, що містить карбіди кальцію та невідомого металу, подіяли водою. При цьому виділилось 8,75 л (1 атм, 20 °С) суміші ацетилену з метаном. При спалюванні газів виділилось 362,74 кДж тепла. $\Delta H_f^\circ(\text{C}_2\text{H}_2) = 226,75$ кДж/моль, $\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4) = -74,85$ кДж/моль, $\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) = -393,51$ кДж/моль, $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(p)}) = -286,2$ кДж/моль. Встановіть об'ємні частки ацетилену та метану в суміші, формулу невідомого карбіду та його масову частку в суміші. Відповідь підтвердіть розрахунками та рівняннями реакцій.
3. У посудині об'ємом 1 л міститься 0,3 моль COCl_2 . За певних умов ступінь дисоціації COCl_2 дорівнює 50 %. Визначте константу рівноваги дисоціації фосгену. Яку кількість речовини COCl_2 треба помістити в таку ж посудину за таких самих умов, щоб ступінь дисоціації склав 30%? В посудину якого

об'єму слід помістити 0,3 моль COCl_2 за таких самих умов, щоб ступінь дисоціації склав 30 %?

4. Мідну пластинку масою 20 г занурили в 15 %-ний розчин ферум(III) хлориду масою 325 г. Через певний час у розчині кількості речовин купрум(II) хлориду та залишку ферум(III) хлориду були однакові. Визначте масові частки солей у розчині та масу пластинки після реакції.
5. Які об'єми розчину сульфатної кислоти з масовою часткою кислоти 0,8 (густина $1,73 \text{ г/см}^3$) та олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 60 % (густина $2,03 \text{ г/см}^3$) потрібно змішати, щоб приготувати 5 л олеуму з масовою часткою сульфур(VI) оксиду 20% (густина $1,895 \text{ г/см}^3$).
6. Суміш водню, азоту, карбон(II) оксиду і карбон(IV) оксиду густиною за повітрям 0,684 пропущена крізь трубку з нагрітим купрум(II) оксидом. В результаті об'єм суміші зменшився на 40 %. Утворена в результаті цього суміш була знову пропущена крізь надлишок розчину натрій гідроксиду. Непоглинутий залишок газів склав 36 % від вихідного об'єму суміші газів. Розрахувати молярні співвідношення речовин у вихідній суміші.

Список використаних джерел

1. Адамович Т.П., Васильева Г.И., Попкович Г.А., Улазова А.Р. Сборник упражнений и усложненных задач с решениями по химии. Изд. 3-е, переработ. Минск. Вышейша школа, 1979. 255 с.
2. Березан О. Хімія: Збірник задач для учнів середніх загальноосвітніх навчальних закладів. Тернопіль : Підручники і посібники, 2016. 352 с.
3. Кузьменко Н.Е.Магдесиева Н.Н., Еремін В.В. Задачи по химии для абитуриентов: Курс повышенной сложности с компьютерным приложением / Под ред Н.Е. Кузьменко. Москва : Просвещение, 1992. 191 с.
4. Гудкова А.С., Ефремова К.М., Магдесиева Н.Н., Мельчакова Н.В. 500 задач по химии: пособие для учащихся. Москва: Просвещение, 1977. 160 с.
5. Дайнеко В.И. Как научить школьников решать задачи по органической химии. Москва: Высшая школа, 1987. 159 с.
6. Ерыгин Д.П., Шишкин Е.А. Методика решения задач по химии: учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по биол. и хим спец. Москва : Просвещение, 1989. 173 с.
7. Крикля Л.С., Попель П.П. Хімія: Задачі та вправи. 8 клас. Київ: Видавничий центр «Академія», 2002. 232 с.
8. Николаенко В.К. Решение задач повышенной сложности по общей и неорганической химии. Киев: Рад. школа, 1990. 160 с.
9. Підготовка учнів до хімічних олімпіад / І.І. Кочерга та ін. Харків : Видавнича група «Основа», 2004. 144 с.
10. Середа І.П. Конкурсні задачі з хімії: для вступників до вузів: навч. посіб. Вид. 2-ге, пероб. і доповн. Київ : Вища школа, 1995. 256 с.
11. Сікорська С.В., Юн Н.К., Беліменко Г.В., Калантаєвська В.М. Сучасні хімічні олімпіади. 7-11 класи. Харків: Видавнича група «Основа», 2012. 256 с.
12. Слета Л.О., Чорний А.В., Холін Ю.В. 1001 задача з хімії з відповідями, вказівками, розв'язками. Вид 2-ге, виправ. Харків : Веста : видавництво «Ранок», 2004. 368 с.
13. Сорокин В.В., Загорский В.В., Свитанько И.В. Задачи химических олимпиад / Под ред. Е.М. Соколовской. Москва : Изд-во МГУ, 1980. 256 с.
14. Хімія: завдання та тести: посібник-довідник для вступників до вищих навчальних закладів В 2-х частинах. Київ : Генеза, 1993. Ч.1. 224 с. Ч.2. 288 с.
15. Хомченко Г.П. Посібник з хімії для вступників до вузів. Київ : Ваклер, 1999. 480 с.
16. Хомченко Г.П., Хомченко В.Г. Задачи по химии для поступающих в вузы. Москва : Высшая школа, 1997. 238 с.
17. Шаповалов В.А. Методика розв'язування задач з хімії: посібник для вчителя. Київ : Рад. школа, 1989. 83 с.
18. Ярошенко О.Г., Новицька В.І. Завдання і вправи з хімії : навч. посібник. Вид. 5-е, виправ. і доповн. з прикладами розв'язків задач. Київ : Станица-Киев, 2003. 234 с.