

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПЕДАГОГІКИ НАПН УКРАЇНИ**

Т. І. Вороненко

**РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З ХІМІЇ.
10-11 КЛАСИ**

навчальний посібник

**Київ
2022**

УДК [373.5.016:54](075)*10-11 кл.

*Рекомендовано до випуску та розповсюдження вченою радою Інституту педагогіки НАПН України
(протокол № 13 від 18 листопада 2021 року)*

Рецензенти:

В.А. Богатиренко, кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії НПУ імені М.П. Драгоманова;

С.С. Сидоренко, учитель хімії середньої загальноосвітньої школи № 281, Святошинського району м. Києва.

Вороненко Т. І. Розв'язування задач з хімії. 10-11 класи : навчальний посібник. [Електронне видання]. – Київ : Педагогічна думка, 2022. – 145 с.

ISBN 978-966-644-641-4

Посібник призначено для вивчення учнями закладів загальної середньої освіти курсу за вибором «Розв'язування задач з хімії. 10-11 класи». Він містить задачі всіх типів, які визначено у навчальних програмах «Хімія, 7–9», «Хімія, 10–11» (рівня стандарту і профільного рівня) і програмах ЗНО. Задачі кожного з типів розв'язано кількома способами, що дає змогу учневі обрати найприйнятніший для нього.

Навчальний посібник може бути використано як самоучитель учнями не лише старшої, а й основної школи (обрані теми). Його можуть використовувати вчителі ЗЗСО, викладачі закладів профільної середньої, професійної (професійно-технічної), фахової передвищої освіти, студенти закладів вищої педагогічної освіти.

© Інститут педагогіки НАПН України, 2022

© Вороненко Т. І., 2022

© Педагогічна думка, 2022

ЗМІСТ

Передмова	6
10 клас		
Заняття 1	Основні хімічні поняття. Закон сталості складу речовини. Хімічна формула. Обчислення за хімічними формулами ...	8
Заняття 2	Задачі на виведення хімічної формули речовини за її якісним і кількісним складом.....	12
Заняття 3	Розрахунки за законом Авогадро та наслідками з нього.....	15
Заняття 4	Розрахунки за законом Авогадро та наслідками з нього. Відносна густина газу.....	21
Заняття 5	Задачі на виведення молекулярної формули органічної речовини за відносною густиною.....	26
Заняття 6	Задачі на виведення молекулярної формули органічної речовини за загальною формулою гомологічного ряду.....	29
Заняття 7	Розрахунки за законом збереження маси речовин.....	32
Заняття 8	Розрахунки за законом об'ємних відношень газів	39
Заняття 9	Задачі на виведення молекулярної формули органічної речовини за масою, об'ємом, кількістю речовини продуктів згоряння.....	42
Заняття 10	Задачі на установлення молекулярної формули речовини за масою, об'ємом, кількістю речовини реагентів або продуктів реакції.....	49
Заняття 11	Задачі на встановлення елемента за складом речовини.....	53
Заняття 12	Задачі на встановлення хімічного елемента за рівнянням хімічної реакції.....	58
Заняття 13	Методи встановлення складу сумішей. Обчислення вмісту компонентів сумішей (зокрема металів у сплавах).....	63

Заняття 14	Обчислення кількісного складу сумішей за рівняннями хімічних реакцій (якщо один компонент суміші бере участь в хімічному процесі).....	70
Заняття 15	Обчислення кількісного складу сумішей за рівняннями хімічних реакцій (якщо всі компоненти беруть участь в хімічному процесі).....	73
Заняття 16	Обчислення кількісного складу сумішей за рівняннями хімічних реакцій (якщо всі компоненти беруть участь в хімічному процесі).....	77
Заняття 17	Обчислення за хімічними рівняннями кількості речовини, маси або об'єму за кількістю речовини, масою або об'ємом реагенту, що містить певну частку домішок.....	81

11 клас

Заняття 1	Способи вираження складу розчинів. Масова частка розчиненої речовини в розчині. Обчислення масової частки або маси розчиненої речовини в розчині.....	83
Заняття 2	Молярна концентрація речовини в розчині. Обчислення молярної концентрації розчиненої речовини в розчині.....	86
Заняття 3,4	Розрахунки, пов'язані зі зміною складу розчину	89
Заняття 5	Обчислення розчинності речовини. Обчислення ступеня електролітичної дисоціації речовини.....	93
Заняття 6	Обчислення за рівняннями хімічних реакцій між металом і сіллю в розчині.....	101
Заняття 7	Визначення теплового ефекту хімічної реакції.....	105
Заняття 8	Розрахунки за термохімічними рівняннями.....	107
Заняття 9	Обчислення середньої швидкості хімічної реакції	111
Заняття 10	Обчислення за законом діючих мас.....	115
Заняття 11	Розрахунки зміни швидкості реакції за правилом Вант-Гоффа.....	118

Заняття 12, 13	Обчислення за рівнянням хімічної реакції кількості речовини, об'єму (газуватих речовин), маси речовин за рівнянням хімічної реакції, якщо один з реагентів взято у надлишку.....	121
Заняття 14	Обчислення масової або об'ємної частки відносного виходу продукту реакції	128
Заняття 15	Обчислення за хімічними рівняннями виходу продукту (маси, об'єму, кількості речовини) за відношенням до теоретично можливого.....	134
Заняття 16	Обчислення реагентів за масовою або об'ємною часткою виходу реакції.....	139
Заняття 17	Розв'язування розрахункових задач.....	142
Додатки	144

Передмова

Усі хімічні задачі можна умовно поділити на дві категорії: якісні та розрахункові. У посібнику розглядаються лише останні.

Для розв'язання розрахункових задач треба знати основні хімічні властивості сполук, уміти застосовувати основні поняття і закони хімії, підбирати раціональні методи обчислень, використовуючи досвід, набутий під час вивчення математики (уміння додавати, віднімати, множити, ділити, розв'язувати системи рівнянь з декількома невідомими, працювати з графіками).

Розрахункові задачі своєю чергою поділяються на дві групи:

- задачі, пов'язані з використанням формул речовин: обчислення маси речовини за її кількістю і обернене обчислення; визначення масової частки елемента в речовині за його молекулярною масою і навпаки; розрахунок об'ємів і об'ємних часток газів з використанням закону Авогадро; виведення формул сполук за кількісним складом;

- розрахунки за рівняннями реакцій, що проводяться з застосуванням закону збереження маси речовини: задачі на обчислення кількості, маси й об'єму вихідних речовин за кількістю, масою і об'ємом продуктів реакції і обернені розрахунки; обчислення кількості, маси й об'єму продуктів реакції, якщо один з реагентів взято в надлишку; обчислення кількості, маси й об'єму продуктів реакції, якщо один з реагентів містить домішки; задачі на визначення виходу продукту реакції від теоретично можливого; обчислення за рівняннями реакцій, що відбуваються в розчинах і потребують врахування концентрації реагентів; термохімічні обчислення.

Усі ці типи задач можна розв'язувати різними способами: хімічними (з використанням законів хімії, таких як закон Авогадро, періодичний закон та ін., хімічних рівнянь і формул тощо) і математичними (алгебраїчний, правило хреста (конверт Пірсона) тощо).

Посібник із курсу за вибором «Розв'язування задач з хімії. 10-11 класи» включає 34 заняття (по 17 в 10 і в 11 класах). До кожного з них наведено основні поняття, закони, формули, знання яких необхідне під час виконання завдання.

Кількість задач, що розглядаються на кожному занятті, залежить від кількості типів і способів їх розв'язування. Ознайомившись із алгоритмом розв'язання, наступні задачі варто спробувати розв'язати самостійно, потім здійснити самоперевірку.

Посібник містить додатки, що включають Періодичну систему хімічних елементів, таблиці відносних мас неорганічних і органічних сполук, розчинності основ, кислот і солей у воді, ряд активності металів.

Посібником можна скористатися як самоучителем з методики розв'язування розрахункових задач.

Під час розв'язування задач необхідно дотримуватись певних правил.

- 1. Уважно прочитайте умову задачі.**
- 2. Запишіть, що дано.**
- 3. Переведіть, якщо це необхідно, одиниці фізичних величин в одиниці системи СІ (деякі позасистемні одиниці допускаються, наприклад, літр).**
- 4. Запишіть, якщо це необхідно, рівняння реакції.**
- 5. Розв'язуючи задачу, бажано використовувати поняття про кількість речовини, а не метод складання пропорцій.**
- 6. Запишіть відповідь.**

Заняття 1. ОСНОВНІ ХІМІЧНІ ПОНЯТТЯ. ЗАКОН СТАЛОСТІ СКЛАДУ РЕЧОВИНИ. ХІМІЧНА ФОРМУЛА. ОБЧИСЛЕННЯ ЗА ХІМІЧНИМИ ФОРМУЛАМИ.

Основні поняття: атом; молекула; відносна молекулярна маса.

Атом – найменша хімічно неподільна структурна частинка речовини.

Відносна атомна маса (A_r) – це **число, що показує, у скільки разів маса одного атома даного елемента більша 1/12 частини маси атома Карбону-12 (^{12}C).**

Молекула – найменша частинка речовини молекулярного складу.

Відносна молекулярна маса (M_r) – це сума відносних атомних мас (A_r) елементів, що входять до складу молекули речовини.

$$M_r(\text{Cu}(\text{OH})_2) = A_r(\text{Cu}) + 2A_r(\text{O}) + 2A_r(\text{H}) = 64 + 32 + 2 = 98$$

Закон сталості складу речовини: будь-яка хімічно чиста речовина, незалежно від способу її добування, складається з одних і тих самих хімічних елементів, причому відношення їхніх мас є сталою величиною, а кількість їхніх атомів виражаються цілими числами.

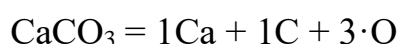
Хімічна формула речовини – умовне позначення хімічного складу сполуки за допомогою символів хімічних елементів, індексів і дужок.

Задача 1. Обчисліть відносну молекулярну масу сполуки CaCO_3

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
MgCO_3	$A_r(\text{Mg}) = 24; \quad A_r(\text{O}) = 16$
$M_r(\text{CaCO}_3) - ?$	$A_r(\text{C}) = 12$

Розв'язання

Крок 1. Встановлюємо кількість атомів кожного елемента в молекулі:



Крок 2. Обчислюємо відносну молекулярну масу речовин:

$$M_r(\text{CaCO}_3) = 1\cdot 40 + 1\cdot 12 + 3\cdot 16 = 100.$$

Відповідь: $M_r(\text{CaCO}_3) = 100.$

Задача 2. Розташуйте формули речовин за збільшенням відносних молекулярних мас.

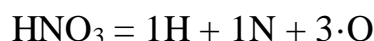
A N_2O **B** $NaNO_2$

Б $NaNH_2$ **Г** HNO_3

Дано:	Допоміжні дані
N_2O	$A_r(Na) = 23$
$NaNO_2$	$A_r(N) = 14$
HNO_3	$A_r(O) = 16$
$M_r - ?$	$A_r(H) = 1$

Розв'язання

Крок 1. Встановлюємо кількість атомів кожного елемента в молекулі:



Крок 1. Обчислюємо відносні молекулярні маси речовин.

$$M_r(N_2O) = 2 \cdot 14 + 16 = 44;$$

$$M_r(NaNO_2) = 23 + 14 + 2 \cdot 16 = 69;$$

$$M_r(HNO_3) = 1 + 14 + 3 \cdot 16 = 63.$$

Крок 3. Порівнюємо значення відносних молекулярних мас речовин.

$$44 < 63 < 69.$$

Відповідь: N_2O , HNO_3 , $NaNO_2$.

Задача 3. Відносна молекулярна маса речовини дорівнює 100. Обчисліть масу Карбону в ній, якщо масова частка його в молекулі становить 12%.

Дано:	Допоміжні дані
$M_r(\text{речовини}) = 100$	$A_r(C) = 12$
$\omega(C) = 12\%$	
$m(C) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Виводимо формулу для обчислення маси елемента в молекулі за його масовою часткою.

Масову частку речовини обчислюють за формулою:

$$\omega (\text{елемента}) = m (\text{елемента}) \cdot 100\% / M_r (\text{речовини}).$$

Звідси: $m (\text{елемента}) = \omega (\text{елемента}) \cdot M_r (\text{речовини}) / 100\%$.

Крок 2. Обчислюємо масу елемента в молекулі.

Підставляємо дані за умовою у виведену формулу:

$$m (\text{елемента}) = 12\% \cdot 100 / 100\% = 12 (\text{г}).$$

Відповідь: 12 г

Задача 4. Доведіть, що з-поміж наведених сполук відсоток атомів

Нітрогену є найменшим в амінокислоті



<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$	
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)\text{COOH}$	
$\text{C}_2\text{H}_3(\text{NH}_2)_2\text{COOH}$	
$\text{C}_3\text{H}_6(\text{NH}_2)\text{COOH}$	
$\omega (\text{N}) - ?$	

Розв'язання

Відсоток умісту елемента в молекулі залежить від кількості його атомів у ній (що менше атомів порівняно з кількістю атомів інших елементів, то відсоток менший). Відсоток елемента в молекулі обчислюється за формулою:

$$\omega (\text{елемента}) = n (\text{елемента}) \cdot 100\% / n (\text{атомів у молекулі}),$$

де n – число атомів.

а) *Крок 1.* Обчислюємо кількість атомів елементів і загальне число атомів у молекулі $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$:

$$n (\text{C}) = 2; \quad n (\text{N}) = 1;$$

$$n (\text{O}) = 2; \quad n (\text{H}) = 5.$$

Усього в молекулі 10 атомів:

$$2(\text{C}) + 2(\text{O}) + 1(\text{N}) + 5(\text{H}) = 10.$$

Крок 2. Обчислюємо відсоток Нітрогену в молекулі за формулою:

$$\omega(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot 100\% / n(\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 1 \cdot 100\% / 10 = 10\%.$$

б) *Крок 1.* Обчислюємо кількість атомів елементів і загальне число атомів у молекулі $\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)\text{COOH}$:

$$n(\text{C}) = 3; \quad n(\text{N}) = 1;$$

$$n(\text{O}) = 2; \quad n(\text{H}) = 7.$$

Усього в молекулі 13 атомів:

$$3(\text{C}) + 2(\text{O}) + 1(\text{N}) + 7(\text{H}) = 13.$$

Крок 2. Обчислюємо відсоток Нітрогену в молекулі за формулою:

$$\omega(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot 100\% / n(\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 1 \cdot 100\% / 13 = 7,69\%.$$

в) *Крок 1.* Обчислюємо кількість атомів елементів і загальне число атомів у молекулі $\text{C}_2\text{H}_3(\text{NH}_2)_2\text{COOH}$:

$$n(\text{C}) = 3; \quad n(\text{N}) = 2;$$

$$n(\text{O}) = 2; \quad n(\text{H}) = 8.$$

Усього в молекулі 15 атомів:

$$3(\text{C}) + 2(\text{O}) + 2(\text{N}) + 8(\text{H}) = 15.$$

Крок 2. Обчислюємо відсоток Нітрогену в молекулі за формулою:

$$\omega(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot 100\% / n(\text{C}_2\text{H}_3(\text{NH}_2)_2\text{COOH}) = 2 \cdot 100\% / 15 = 13,3\%.$$

г) *Крок 1.* Обчислюємо кількість атомів елементів і загальне число атомів у молекулі $\text{C}_3\text{H}_6(\text{NH}_2)\text{COOH}$:

$$n(\text{C}) = 4; \quad n(\text{N}) = 1;$$

$$n(\text{O}) = 2; \quad n(\text{H}) = 9.$$

Усього в молекулі 16 атомів:

$$4(\text{C}) + 2(\text{O}) + 1(\text{N}) + 9(\text{H}) = 16.$$

Крок 2. Обчислюємо відсоток Нітрогену в молекулі за формулою:

$$\omega(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot 100\% / n(\text{C}_3\text{H}_6(\text{NH}_2)\text{COOH}) = 1 \cdot 100\% / 16 = 6,25\%.$$

Порівнюємо відсотки Нітрогену в амінокислотах: $6,25 < 7,69 < 10 < 13,3$.

Відповідь: Г.

Задача 5. Натрій бензоат $\text{NaC}_6\text{H}_5\text{CO}_2$ застосовують як харчову добавку (консервант E211). Обчисліть масову частку Карбону в молекулі (у відсотках).

Дано:	Допоміжні дані
$\text{NaC}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{OH}$	$M_r(\text{NaC}_6\text{H}_5\text{CO}_2) = 144$
$\omega(\text{C}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу натрій бензоату.

$$M_r(\text{NaC}_6\text{H}_5\text{CO}_2) = 23 + 6 \cdot 12 + 5 + 12 + 2 \cdot 2 = 144.$$

Крок 2. Обчислюємо масу 7 атомів Карбону в молекулі:

$$m(\text{C}) = 7 \cdot 12 = 84.$$

Крок 3. Обчислюємо масову частку Карбону в молекулі.

$$\omega(\text{елемента}) = m(\text{елемента}) \cdot 100\% / M_r(\text{речовини})$$

$$\omega(\text{C}) = 84 \cdot 100\% / 144 = 58.3\%.$$

Відповідь: 58.3%.

Заняття 2. ЗАДАЧІ НА ВИВЕДЕННЯ ХІМІЧНОЇ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ ЗА ЇЇ ЯКІСНИМ І КІЛЬКІСНИМ СКЛАДОМ.

Основні поняття: хімічна формула; якісний склад речовини; кількісний склад речовини.

Хімічна формула речовини – умовне позначення хімічного складу сполук за допомогою символів хімічних елементів, індексів і дужок.

Якісний склад речовини показує з яких елементів складається дана сполука.

Кількісний склад речовини показує, кількість (число) атомів елементів в одній молекулі речовини.

Задача 1. Масова частка Оксигену в молекулі оксиду Хлору становить 61,2%. Встановіть формулу оксиду.

А Cl_2O ; В Cl_2O_5 ;

Б Cl_2O_3 ; Г Cl_2O_7 .

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\omega(\text{Cl}) = 61,2\%$	$A_r(\text{Cl}) = 35,5$
формула – ?	$A_r(\text{O}) = 16$

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масову частку Оксигену в молекулі.

Уся сполука становить 100%. Звідси масова частка Оксигену:

$$\omega(\text{O}) = 100\% - 61,2\% = 38,8\%.$$

Крок 2. Встановлюємо простішу формулу сполуки.

Виходячи з того, що простіша формула речовини – це відношення атомів елементів (n) у молекулі, виконуємо розрахунки за формулою:

$$n(\text{елемента}) = \omega\%(\text{елемента}) / A_r(\text{елемента}).$$

$$n(\text{Cl}) : n(\text{O}) = 38,8\% / 35,5 : 61,2\% / 16 = 1,092 : 3,825.$$

Для одержання цілих чисел, ділимо отримані відповіді на найменше з чисел (у нашому випадку це 1,092):

$$1,092 / 1,092 : 3,825 / 1,092 = 1 : 3,50.$$

Кількість атомів у молекулі завжди ціле число. Ми отримали неціле – 3,5.

Тому, для одержання цілого числа відповідь множимо на «2»:

$$1 \cdot 2 : 3,5 \cdot 2 = 2 : 7.$$

Формула оксиду: Cl_2O_7 .

Відповідь: «Г».

Задача 2. Залізний купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ застосовується в текстильній промисловості, в сільському господарстві як фунгіцид (протигрибковий засіб). Обчисліть масову частку кристалізаційної води в молекулі.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{H}_2) = 16 \text{ г}$	$M_r(\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 224$
$m(\text{O}_2) = 16 \text{ г}$	$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$
$m(\text{HCl}) = 16 \text{ г}$	
$m(\text{N}_2) = 16 \text{ г}$	
$\omega(\text{H}_2\text{O}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу речовини.

$$M_r(\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 224.$$

Крок 2. Обчислюємо масу кристалізаційної води в молекулі.

$$m(4\text{H}_2\text{O}) = 72.$$

Крок 3. Обчислюємо масову частку кристалізаційної води в молекулі.

$$\omega(\text{води}) = m(\text{води}) \cdot 100\% / M_r(\text{речовини}) = 72 \cdot 100\% / 224 = 32,142 \approx 32\%.$$

Відповідь: 32 %.

Задача 3. Відносна молекулярна маса оксигеновмісної органічної сполуки дорівнює 122. Масові частки Карбону, Гідрогену й Оксигену становлять відповідно: 0,6885, 0,0495 і 0,262. Виведіть молекулярну формулу оксигеновмісної сполуки.

Дано:	Допоміжні дані
$M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 122$	$A_r(\text{C}) = 12$
$\omega(\text{C}) = 0,6885$	$A_r(\text{H}) = 1$
$\omega(\text{H}) = 0,0495$	$A_r(\text{O}) = 16$
$\omega(\text{O}) = 0,262$	
$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z - ?$	

Розв'язання

Позначимо формулу сполуки $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$, де x , y , і z – кількість атомів елементів у молекулі.

Варіант I.

Крок 1. Обчислюємо кількість атомів кожного з елементів в молекулі за формулою:

$$n(\text{елемента}) = \frac{M_r(\text{речовини})\omega}{A_r(\text{елемента})},$$

де n – кількість атомів елемента,

ω – масова частка елемента в речовині.

$$n(\text{C}) = 122 \cdot 0,6885 / 12 = 6,99 \approx 7 \text{ (атомів);}$$

$$n(\text{H}) = 122 \cdot 0,0495 / 1 = 6,039 \approx 6 \text{ (атомів);}$$

$$n(\text{O}) = 122 \cdot 0,262 / 16 = 1,99 \approx 2 \text{ (атоми).}$$

Формула сполуки – $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$.

Крок 2. Перевіряємо:

$$M_r(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2) = 12 \cdot 7 + 1 \cdot 6 + 16 \cdot 2 = 122.$$

За умовою відносна молекулярна маса невідомої сполуки дорівнює 122.

Відповідь: $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$.

Варіант II.

Крок 1. Молекула складається з трьох елементів. Записуємо співвідношення атомів, як відношення масової частки і відносної атомної маси кожного з них:

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{C\omega}{A_r(\text{C})} : \frac{H\omega}{A_r(\text{H})} : \frac{O\omega}{A_r(\text{O})}$$

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = 68,85/12 : 4,95/1 : 26,2/16 = 5,73 : 4,95 : 1,64.$$

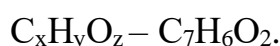
Крок 2. Поділимо одержані числа на найменше (1,64):

$$5,73/1,64 : 4,95/1,64 : 1,64/1,64 = 3,5 : 3 : 1.$$

Крок 3. Для отримання цілих чисел (кількість атомів може бути тільки цілим числом) помножимо відповідь на 2:

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = 7 : 6 : 2.$$

Крок 4. Підставляємо отримані числа у формулу сполуки:



Крок 5. Перевіряємо відповідь: $M_r(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2) = 122$.

Відносна молекулярна маса шуканої сполуки дорівнює відносній молекулярній масі сполуки за умовою задачі.

Відповідь: $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$.

Заняття 3. Розрахунки за законом Авогадро та наслідками з нього.

Основні поняття: закон Авогадро, кількість речовини; моль; число Авогадро; молярний об'єм; молярна маса.

Закон Авогадро: рівні об'єми будь-яких газів за однакових умов (тиску і температури) містять однакове число молекул.

Кількість речовини (n) – це фізична величина, що визначається числом структурних частинок (атомів, молекул, йонів), які містяться у певній порції речовини. Одиниця вимірювання — моль.

Моль – кількість речовини, що містить $6,02214076 \cdot 10^{23}$ структурних елементів речовини – атомів, молекул або відповідних комбінацій іонів.

Стала Авогадро (N_A) – кількість структурних одиниць речовини (атомів, йонів, молекул) що містяться, незалежно від її агрегатного стану, в 1 моль. Дорівнює $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

$$n = \frac{N}{N_A},$$

Де N – кількість структурних часточок речовини;

N_A – число Авогадро;

n – кількість речовини.

Перший наслідок із закону Авогадро: 1 моль (однакова кількість молей) будь-якого газу за однакових умов займає однаковий об'єм.

Об'єм одного моля газу дорівнює 22,4 л. Цю фізичну константу називають молярним об'ємом газу і позначають V_M .

Молярний об'єм газу (V_M) — це об'єм 1 моль газуватої речовини за нормальних умовах (н.у.), тобто при 0 °С і 101,325 кПа. Вимірюється в літрах на моль (л/моль).

$$V_M = \frac{V}{n},$$

де V_M – молярний об'єм газу;

V – об'єм газу;

n – кількість речовини.

Молярна маса речовини — це маса 1 моль, що чисельно дорівнює відносній молекулярній масі речовини. Вимірюється в грамах на моль (г/моль).

$$M = \frac{m}{n},$$

де n – кількість речовини;

m – маса речовини;

M – молярна маса речовини.

Звідси:

$$n = \frac{m}{M},$$

де n – кількість речовини;

m – маса речовини;

M – молярна маса речовини.

Задача 1. Обчисліть кількість йонів Cl^- у ферум(III) хлориді кількістю речовини 2 моль.

Дано:	Допоміжні дані
$n(\text{FeCl}_3) = 2$ моль	FeCl_3
$N(\text{Cl}^-) = ?$	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ структурних одиниць

Розв'язання

Крок 1. Виводимо формулу для обчислення кількості йонів у речовині за відомою кількістю речовини:

$$n = \frac{N}{N_A}, \quad N = n \cdot N_A$$

Крок 2. Складаємо формулу ферум(III) хлориду: FeCl_3 .

Крок 3. Обчислюємо кількість молекул у 2 моль FeCl_3 .

$$N(\text{FeCl}_3) = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2 = 12,04 \cdot 10^{23} \text{ (структурних одиниць)}.$$

Крок 4. Установлюємо кількість йонів Cl^- у 2 моль ферум(III) хлориду.

Згідно з формулою в 1 молекулі міститься 3 йони Cl^- . Тоді в 2 моль FeCl_3 міститься:

$$12,04 \cdot 10^{23} \cdot 3 = 36,12 \cdot 10^{23} \text{ (йонів)}.$$

Відповідь: $N(\text{Cl}^-) = 36,12 \cdot 10^{23}$ йонів.

Задача 2. Визначте, в якій з наведених сполук певної кількості міститься найбільша кількість атомів.

А 0,5 моль C_2H_4

Б 1,25 моль CH_4

В 1 моль C_2H_6

Г 1,5 моль O_2

Дано:	Допоміжні дані
$n(C_2H_4) = 0,4$ моль	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ молекул
$n(CH_4) = 1,25$ моль	
$n(C_2H_6) = 1$ моль	
$n(O_2) = 1,5$ моль	
$N - ?$	

Розв'язання

1 моль будь-якої речовини містить $6,02 \cdot 10^{23}$ структурних одиниць (молекул). Молекули, у свою чергу складаються з атомів.

Крок 1. Обчислюємо кількість структурних одиниць (молекул) у заданих кількостях речовин сполук за формулою:

$$N(\text{речовини}) = n(\text{речовини}) \cdot N_A.$$

Для спрощення обчислень приймаємо число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$) за x .

а) 0,4 моль C_2H_4 ;

$$N(C_2H_4) = n(\text{речовини}) \cdot x = 0,5x \text{ моль.}$$

Обчислюємо кількість атомів: в 1 молекулі міститься 6 атомів ($2C + 4H$).

Тоді кількість атомів у $0,5x$ моль дорівнюватиме:

$$0,4x \cdot 6 = \mathbf{2,4x}.$$

б) 1,25 моль CH_4 ;

$$N(CH_4) = n(\text{речовини}) \cdot x = 1,25x \text{ моль.}$$

Обчислюємо кількість атомів: в 1 молекулі міститься 5 атомів ($C + 4H$).

Тоді кількість атомів у $1,25x$ моль дорівнюватиме:

$$1,25x \cdot 5 = \mathbf{6,25x}.$$

в) 1 моль C_2H_6 ;

$$N(\text{C}_2\text{H}_6) = \nu(\text{речовини}) \cdot x = 1x \text{ моль.}$$

Обчислюємо кількість атомів: в 1 молекулі міститься 8 атомів (2С + 6Н).

Тоді кількість атомів у 1х моль дорівнюватиме:

$$1x \cdot 8 = 8x.$$

г) 1,5 моль O_2 ;

$$N(\text{O}_2) = n(\text{речовини}) \cdot x = 1,5x \text{ моль.}$$

Обчислюємо кількість атомів: в 1 молекулі міститься 2 атоми. Тоді кількість атомів у 1,5х моль дорівнюватиме:

$$1,5x \cdot 2 = 3x.$$

Крок 2. Порівнюємо результати обчислень: $2,4x < 3x < 6,25x < 8x$.

Відповідь: **В.**

Задача 3. Визначте, яка з наведених сполук масою 16 г займає найбільший об'єм.

А 16 г водню;

В 16 г хлороводню;

Б 16 г кисню;

Г 16 г азоту.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{H}_2) = 16 \text{ г}$	$M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}$
$m(\text{O}_2) = 16 \text{ г}$	$M(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль}$
$m(\text{HCl}) = 16 \text{ г}$	$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$
$m(\text{N}_2) = 16 \text{ г}$	$M(\text{N}_2) = 28 \text{ г/моль}$
$V - ?$	

Розв'язання

За наслідком з закону Авогадро 1 моль будь-якого газу займає об'єм 22,4 л. Отже, визначивши кількість речовини кожної з зазначених сполук (у молях) і порівнявши їх, знайдемо відповідь.

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини сполук за формулою:

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

$$n(\text{H}_2) = 16 / 2 = 8 \text{ (моль);}$$

$$n(\text{O}_2) = 16 / 32 = 0,5 \text{ (моль);}$$

$$n(\text{HCl}) = 16 / 36,5 = 0,44 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{N}_2) = 16 / 28 = 0,57 \text{ (моль)}.$$

Крок 2. Порівнюємо кількість речовини різних газів.

Зважаючи на те, що 1 моль будь-якого газу займає об'єм 22,4 л, об'єм отриманих кількостей речовин можна не обчислювати. Достатньо порівняти лише кількість молів:

$$8 > 0,57 > 0,5 > 0,44$$

Найбільшу кількість речовини, а отже і об'єм, мають 16 г водню.

Відповідь: А.

Задача 4. Обчисліть масу (у грамах) вуглекислого газу кількістю речовини 0,5 моль.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$n(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль}$	$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$
$m(\text{CO}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо молярну масу вуглекислого газу.

$$M(\text{CO}_2) = M_r(\text{CO}_2) = A_r(\text{C}) + 2A_r(\text{O}) = 12 + 32 = 44 \text{ г/моль}.$$

Крок 2. Виводимо формулу для обчислення маси речовини за відомою кількістю речовини:

$$M = \frac{m}{n}.$$

Звідси

$$m = M \cdot n.$$

Крок 3. Обчислюємо масу вуглекислого газу кількістю речовини 0,5 моль:

$$m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 0,5 = 22 \text{ (г)}.$$

Відповідь: $m(\text{CO}_2) = 22 \text{ г}$.

Задача 5. Обчисліть об'єм 0,5 моль вуглекислого газу.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль}$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{CO}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Виводимо формулу для обчислення об'єму речовини за відомою кількістю речовини:

$$V_M = \frac{V}{n}, \quad V = V_M \cdot n$$

Крок 2. Обчислюємо об'єм вуглекислого газу кількістю речовини 0,5 моль:

$$V(\text{CO}_2) = 22,4 \cdot 0,5 = 11,2 \text{ (л)}.$$

Відповідь: $V(\text{CO}_2) = 11,2 \text{ л}$.

Заняття 4. РОЗРАХУНКИ ЗА ЗАКОНОМ АВОГАДРО ТА НАСЛІДКАМИ З НЬОГО. ВІДНОСНА ГУСТИНА ГАЗУ.

Основні поняття: закон Авогадро, відносна густина газу.

Густина речовини (ρ) — це фізична величина, що визначається як відношення маси речовини до її об'єму. Вимірюється в грамах на сантиметр кубічний (г/см^3).

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

де m – маса речовини;

V – об'єм речовини.

При обчисленні густини газів за нормальних умов ця формула може бути записана і в вигляді:

$$\rho = \frac{M}{V_M},$$

де M – молярна маса газу,

V_M – молярний об'єм за нормальних умов (за н.у.), що приблизно дорівнює 22,4 л/моль.

Другий наслідок із закону Авогадро: молярна маса першого газу дорівнює добутку молярної маси другого газу на відносну густина першого газу до другого.

$$M(X) = M(Y) \cdot D_{(за Y)},$$

де $M(X)$ – відносна молекулярна маса першого газу X;

$M(Y)$ – відносна молекулярна маса другого газу Y;

$D_{(за Y)}$ – відносна густина газу.

Відносна густина газу (D) — фізична величина, що показує у скільки разів відносна молекулярна (або молярна) маса одного газу більша, або менша за відносну молекулярну (або молярну) масу іншого газу, взятого для порівняння. Одиниці вимірювання не має.

$$D_{(за Y)} = \frac{M_r(X)}{M_r(Y)},$$

де $M_r(X)$ – відносна молекулярна маса газу X;

$M_r(Y)$ – відносна молекулярна маса газу Y.

Задача 1. Обчисліть, у скільки разів маса молекули метану CH_4 більша за масу молекули водню H_2 .

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
CH_4	$M_r(CH_4) = 16$
H_2	$M_r(H_2) = 2$
$D - ?$	

Розв'язання

Відношення відносних молекулярних мас газів – це відносна густина одного газу до іншого.

Крок 1. Обчислюємо відносні молекулярні маси метану і водню.

$$M_r(CH_4) = 16;$$

$$M_r(H_2) = 2.$$

Крок 2. Обчислюємо відносну густина метану за воднем.

$$D = \frac{M_r(CH_4)}{M_r(H_2)} = \frac{16}{2} = 8.$$

Відповідь: у 8 разів.

Задача 2. Обчисліть відносну молекулярну масу бензену, якщо відносна густина його пару за азотом становить 2,79.

Дано:	Допоміжні дані
$D_{\text{(за азотом)}} = 2,79$	$M_r(\text{N}_2) = 28$
$M_r(\text{бензену}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу азоту:

$$M_r(\text{N}_2) = 28.$$

Крок 2. Виводимо формулу для обчислення відносної молекулярної маси.

$$D = \frac{M_r(\text{X})}{M_r(\text{Y})},$$

звідси

$$M_r(\text{X}) = D \cdot M_r(\text{Y}).$$

Крок 3. Обчислюємо відносну молекулярну масу бензену:

$$M_r(\text{бензену}) = 2,79 \cdot 28 = 78,12 \approx 78.$$

Відповідь: $M_r(\text{бензену}) = 78$.

Задача 3. Відносна густина газу за метаном (CH_4) становить 3,625. Обчисліть відносну молекулярну масу газу.

Дано:	Допоміжні дані
$D = 3,625$	
$M_r(\text{газу}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу метану:

$$M_r(\text{CH}_4) = 16.$$

Крок 2. Виводимо формулу для обчислення відносної молекулярної маси газу:

$$D = \frac{M_r(\text{X})}{M_r(\text{Y})}$$

Звідси $M_r(\text{Y}) = D_{\text{(за X)}} \cdot M_r(\text{X})$.

Крок 3. Обчислюємо відносну масу газу:

$$M_r(Y) = D_{(\text{за метаном})} \cdot M_r(\text{CH}_4) = 3,625 \cdot 16 = 58.$$

Відповідь: $M_r(\text{газу}) = 58.$

Задача 4. Обчисліть відносну густину хлору за повітрям. Зробіть висновок про можливий спосіб порятунку в разі аварійного витoku хлору.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
Повітря	$M_r(\text{повітря}) = 29.$
Хлор	
$D_{(\text{за повітрям})} - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу хлору:

$$M_r(\text{Cl}_2) = 35,5 \cdot 2 = 71.$$

Повітря – це суміш газів, середня відносна молекулярна маса якої дорівнює 29.

Крок 2. Обчислюємо відносну густину хлору за повітрям.

$$D_{(\text{за повітрям})} = 71 / 29 = 2,4482 \approx 2,45.$$

Відповідь: $D_{(\text{за повітрям})} = 2,45.$

Задача 5. Обчисліть молярну масу пропану, якщо його густина становить 1,96 г/л (н.у.).

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\rho = 2,79 \text{ г/л}$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
$M(\text{пропану}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Виводимо формулу для обчислення густини газів за нормальних умов:

$$\rho = \frac{M}{V_M},$$

Звідси $M = \rho \cdot V_M.$

Крок 2. Обчислюємо молярну масу пропану:

$$M(\text{пропану}) = 1,96 \cdot 22,4 = 43,9 \approx 44 \text{ (г/моль)}.$$

Відповідь: $M(\text{пропану}) = 44 \text{ г/моль}.$

Задача 6. Обчисліть масу 1 л газу, якщо його відносна густина за киснем дорівнює 1,375.

Дано:	Допоміжні дані
$D = 1,375$	$V_M = 22,4$ л/моль
V (газу) = 1 л	$M_r(\text{O}_2) = 32$
m (газу) – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу кисню:

$$M_r(\text{O}_2) = 32.$$

Крок 2. Обчислюємо відносну молекулярну масу газу.

$$M_r(\text{газу}) = D \cdot M_r(\text{O}_2) = 1,375 \cdot 32 = 44.$$

Крок 3. Обчислюємо молярну масу газу.

Молярна маса речовини чисельно дорівнює її відносній молекулярній масі:

$$M(\text{газу}) = M_r(\text{газу}).$$

Отже, M (газу) = 44 г/моль.

Крок 4. Обчислюємо масу 1 л газу. Молярний об'єм газу становить 22,4 л/моль і його маса становить 44 г/моль. Складаємо пропорцію:

$$22,4 \text{ л} \text{ — } 44 \text{ г}$$

$$1 \text{ л} \text{ — } x \text{ г}$$

$$x = 1 \cdot 44 / 22,4 = 1,964 \approx 2 \text{ (г)}.$$

Відповідь: m (газу) = 2 г.

Задача 7. Обчисліть молярну масу газу, якщо маса її 5,6 л становить 6,5 г.

Дано:	Допоміжні дані
V (газу) = 5,6 л	$V_M = 22,4$ л/моль
m (газу) = 6,5 г	
M (газу) – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини 5,6 л газу за формулою:

$$n = \frac{V}{V_M}$$

$$n (\text{газу}) = 5,6 : 22,4 = 0,25 (\text{моль}).$$

Крок 2. Обчислюємо молярну масу газу за формулою:

$$M = \frac{m}{n}.$$

Підставляємо у формулу значення:

$$M (\text{газу}) = 6,5 : 0,25 = 26 (\text{г/моль}).$$

Відповідь: $M (\text{газу}) = 26 \text{ г/моль}$.

Заняття 5. ЗАДАЧІ НА ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЗА ВІДНОСНОЮ ГУСТИНОЮ.

Основні поняття: відносна густина газу, молекулярна формула.

Задача 1. Укажіть формулу сполуки, якщо відносна густина її пари за киснем становить 1,4375.

А $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Б C_6H_6

В $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$

Дано:	Допоміжні дані
$D_{(\text{за киснем})} = 1,4375$	$M_r (\text{O}_2) = 32$
Формула – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу кисню:

$$M_r (\text{O}_2) = 32.$$

Крок 2. Обчислюємо відносну молекулярну масу сполуки за її відотною густиною за киснем.

За формулою

$$M_r (\text{X}) = D_{(\text{за киснем})} \cdot M_r (\text{O}_2)$$

$$M_r (\text{X}) = 1,4375 \cdot 32 = 46.$$

Крок 3. Обчислюємо відносні молекулярні маси речовин, формули яких наведено.

$$M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46;$$

$$M_r(\text{C}_6\text{H}_6) = 78;$$

$$M_r(\text{CH}_3\text{OH}) = 32.$$

Крок 4. Визначаємо формулу сполуки. Для цього порівнюємо маси сполук з обчисленими. Умові задачі відповідає формула $M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$.

Відповідь: А.

Задача 2. Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, якщо його відносна густина за азотом становить 1.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$D_{\text{(за азотом)}} = 1$	$M_r(\text{N}_2) = 28$
C_xH_y	$A_r(\text{C}) = 12$
Формула – ?	$A_r(\text{H}) = 1$

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу вуглеводню за формулою:

$$D = \frac{M_r(\text{X})}{M_r(\text{Y})}$$

Звідси:

$$M_r(\text{X}) = D \cdot M_r(\text{Y})$$

Підставляємо значення:

$$M_r(\text{вуглеводню}) = 1 \cdot 28 = 28.$$

Крок 2. Знаходимо молекулярну формулу вуглеводню.

Вуглеводні у своєму складі містять лише Карбон і Гідроген. Отже,

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 28.$$

Крок 3. Знаходимо кількість атомів Карбону в молекулі.

Відносна атомна маса Карбону у 12 разів більше за відносну атомну масу Гідрогену. Тому знаходимо кількість атомів Карбону (x), що можуть входити до складу молекули: $x(\text{C}) = 28 : 12 = 2, (3)$.

Отже, кількість цілих атомів Карбону в молекулі вуглеводню дорівнює 2.

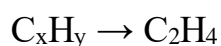
Крок 4. Знаходимо кількість атомів Гідрогену в молекулі.

$$M_r(C_xH_y) = 2 \cdot 12 + y \cdot 1 = 28.$$

$$y = 28 - (2 \cdot 12) = 4.$$

Крок 5. Виводимо молекулярну формулу вуглеводню.

Підставляємо кількість атомів Карбону і Гідрогену у формулу вуглеводню:



Відповідь: C_2H_4 .

Задача 3. Виведіть молекулярну формулу органічної сполуки, молекула якої містить 1 атом Оксигену, якщо густина пари її дорівнює 2,05 г/л.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$N(O) = 1$ атом	$M_r(N_2) = 28$
$\rho = 2,05$ г/л	$A_r(C) = 12; A_r(O) = 16$
$C_xH_yO_z$	$A_r(H) = 1$
Формула – ?	$V_M = 22,4$ л/моль

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо молярну масу сполуки.

За формулою:

$$\rho = \frac{M}{V_M}, \text{ звідси: } M = \rho \cdot V_M.$$

Підставляємо значення:

$$M(C_xH_yO_z) = 2,05 \cdot 22,4 = 45,92 \approx 46 \text{ (г/моль)}.$$

Крок 2. Обчислюємо масу Карбону і Гідрогену в молекулі.

Сполука містить 1 атом Оксигену, $A_r(O) = 16$. Отже,

$$M_r(C_xH_y) = 46 - 16 = 30.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість атомів Карбону в молекулі.

Відносна атомна маса Карбону у 12 разів більша за відносну атомну масу Гідрогену. Тому знаходимо кількість атомів Карбону (x), що можуть входити до складу молекули:

$$x(C) = 30 : 12 = 2,5.$$

Отже, ціле число атомів Карбону в молекулі вуглеводню дорівнює 2.

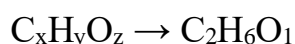
Крок 4. Знаходимо кількість атомів Гідрогену в молекулі.

$$M_r(C_xH_y) = 2 \cdot 12 + y \cdot 1 = 30.$$

$$y = 30 - (2 \cdot 12) = 6.$$

Крок 5. Виводимо молекулярну формулу вуглеводню.

Підставляємо кількість атомів Карбону, Гідрогену й Оксигену у формулу:



Відповідь: C_2H_6O .

Заняття 6. ЗАДАЧІ НА ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЗА ЗАГАЛЬНОЮ ФОРМУЛОЮ ГОМОЛОГІЧНОГО РЯДУ.

Основні поняття: гомологи, гомологічний ряд, молекулярна формула, загальна формула груп або класів сполук (таблиця).

Гомологічний ряд – це група органічних сполук, що мають подібні хімічні властивості і різняться за складом на одну або декілька груп CH_2 .

Гомологи – це сполуки, що входять до одного і того ж гомологічного ряду.

Загальні формули груп або класів сполук

Назва	Загальна формула
Алкани	C_nH_{2n+2}
Алкени, циклоалкани	C_nH_{2n}
Алкіни, акладієни	C_nH_{2n-2}
Арени	C_nH_{2n-6}
Алканолі (спирти)	$C_nH_{2n+1}OH$
Алканалі (альдегіди)	$C_nH_{2n+1}COH$
Карбонові кислоти	$C_nH_{2n+1}COOH$

Задача 1. Виведіть молекулярну формулу арену, якщо відносна молекулярна маса його дорівнює 92.

Дано:	Допоміжні дані
$M(C_nH_{2n-6}) = 92$	$A_r(C) = 12$
Формула – ?	$A_r(H) = 1$

Розв'язання

Загальна формула аренів C_nH_{2n-6} .

Крок 1. Знаходимо n , підставляючи замість хімічних символів елементів їхні відносні атомні маси:

$$\begin{aligned}
 &C_nH_{2n-6} \\
 &12n + 2n - 6 = 92. \\
 &14n = 92 + 6 \\
 &14n = 98 \\
 &n = 98 : 14 = 7.
 \end{aligned}$$

Крок 2. Підставляємо отримане число у загальну формулу:



Відповідь: $C_6H_5CH_3$.

Задача 2. Виведіть молекулярну формулу алкану, якщо відносна густина його за воднем дорівнює 29.

Дано:	Допоміжні дані
$D_{\text{(за воднем)}} = 29$	C_nH_{2n+2}
Формула – ?	$M_r(H_2) = 2$
	$A_r(C) = 12$
	$A_r(H) = 1$

Розв'язання

Крок 1. Знаходимо відносну молекулярну масу алкану за формулою:

$$D = \frac{M_r(X)}{M_r(Y)},$$

звідси

$$M_r(X) = D \cdot M_r(Y).$$

Підставляємо значення у формулу:

$$M_r(\text{алкан}) = 29 \cdot 2 = 58.$$

Крок 2. Виводимо молекулярну формулу алкану.

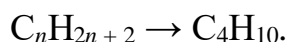
Загальна формула алканів C_nH_{2n+2} . Знаходимо n , підставляючи замість хімічних символів елементів їхні відносні атомні маси:

$$12n + 2n + 2 = 58.$$

$$14n = 58 - 2$$

$$n = 56 : 14 = 4.$$

Крок 3. Підставляємо отримане число у загальну формулу:



Відповідь: C_4H_{10} .

Задача 3. Карбонову кислоту використовують як антисептик для обробки бджолиних вуликів. Виведіть молекулярну формулу цієї сполуки, якщо маса 5л її пари становить 10,27 г.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$V(C_nH_{2n+1}COOH) = 5 \text{ л}$	$C_nH_{2n+1}COOH$
$m(C_nH_{2n+1}COOH) = 10,27 \text{ г}$	$A_r(C) = 12$
Формула – ?	$A_r(H) = 1$

Розв'язання

Молярну масу сполуки можна обчислити за двома варіантами.

Варіант I.

Крок 1. Обчислюємо молярну масу карбонової кислоти.

1 моль будь-якого газу займає об'єм 22,4 л. Складаємо пропорцію:

$$22,4 \text{ л/моль} \text{ — } M(C_nH_{2n+1}COOH)$$

$$5 \text{ л} \text{ — } 10,27 \text{ г}$$

$$M(C_nH_{2n+1}COOH) = 22,4 \cdot 10,27 : 5 = 46 \text{ (г/моль)}.$$

Варіант II.

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини 5 л парів кислоти.

За формулою:

$$n = \frac{V}{V_M}$$

$$n \text{ (реч.)} = 5 : 22,4 = 0,2232 \approx 0,223 \text{ (моль)}.$$

Крок 2. Обчислюємо молярну масу речовини.

За формулою:

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

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 10,27 : 0,223 = 46,05 \approx 46 \text{ (г/моль)}.$$

Молекулярну формулу виводимо за загальною формулою карбонових кислот.

Крок 3. Виводимо молекулярну формулу карбонової кислоти.

Загальна формула карбонових кислот $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$.

Знаходимо n , підставляючи замість хімічних символів елементів їхні відносні атомні маси:

$$12n + 2n + 1 + 12 + 2 \cdot 16 + 1 = 46.$$

$$14n = 46 - 46$$

$$n = 0.$$

Це означає, що вуглеводневої групи ($\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$) в молекулі немає.

$$M(\text{COOH}) = 12 + 2 \cdot 16 + 1 = 45 \text{ г/моль}.$$

Знаходимо різницю між молекулярною масою і масою групи COOH:

$$46 - 45 = 1.$$

Таку відносну атомну масу має Гідроген. Отже шукана формула:

HCOOH.

Відповідь: HCOOH.

Заняття 7. РОЗРАХУНКИ ЗА ЗАКОНОМ ЗБЕРЕЖЕННЯ МАСИ РЕЧОВИНИ

Основні поняття: закон збереження маси речовини, кількість речовини.

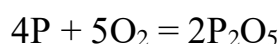
Закон збереження маси речовини: «Загальна маса речовин, що вступили в реакцію, дорівнює загальній масі речовин, що утворилися в результаті реакції».

Задача 1. Унаслідок взаємодії кисню масою 16 г із фосфором утворився фосфор(V) оксид масою 28,4 г. Яка маса фосфору вступила в реакцію?

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{O}_2) = 16 \text{ г}$	
$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 28,4 \text{ г}$	
$m(\text{P}) = ?$	

Розв'язання

Крок 1. Складаємо рівняння хімічної реакції:



Крок 2. Обчислюємо масу фосфору, що вступив у реакцію. За законом збереження маси речовин, сума мас речовин до реакції дорівнює сумі мас речовин після реакції. Звідси

$$m(\text{P}) + m(\text{O}_2) = m(\text{P}_2\text{O}_5)$$

$$m(\text{P}) = m(\text{P}_2\text{O}_5) - m(\text{O}_2)$$

$$m(\text{P}) = 28,4 - 16 = 12,4 \text{ (г)}.$$

Відповідь: $m(\text{P}) = 12,4 \text{ г}$.

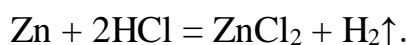
Задача 2. Під час взаємодії цинку з хлоридною кислотою виділився газ об'ємом 0,56 л. Яка маса металу вступила в реакцію?

Дано:	Допоміжні дані
$V(\text{газу}) = 0,56 \text{ л}$	$M(\text{Zn}) = 65 \text{ г/моль}$
Знайти:	$V_M(\text{H}_2) = 22,4 \text{ л/моль}$
$m(\text{Zn}) = ?$	

Розв'язання

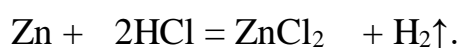
Варіант I.

Крок 1. Записуємо рівняння реакції і розставимо коефіцієнти:

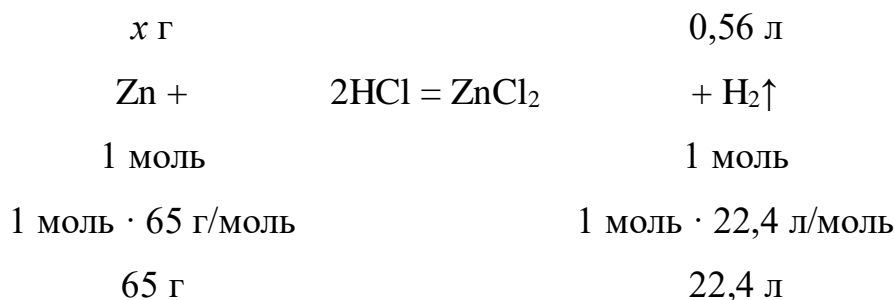


Крок 2. Записуємо дані з умови задачі над рівнянням реакції:

$$x \text{ г} \qquad \qquad \qquad 0,56 \text{ л}$$



Крок 3. Записуємо під рівнянням реакції кількості речовин, згідно коефіцієнтів, і приводимо відповідні до кожної з речовин дані до однієї одиниці вимірювання:



Приймаємо рівняння реакції за риску дробу. Згідно формул для знаходження кількості речовини:

$$m (\text{речовини}) = \nu (\text{речовини}) \cdot M (\text{речовини})$$

$$V (\text{речовини}) = \nu (\text{речовини}) \cdot V_M$$

Крок 4. Складаємо пропорцію і обчислюємо масу цинку:

$$\frac{x}{65} = \frac{0,56}{22,4}$$

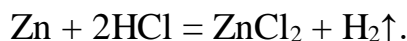
Звідси знаходимо невідоме:

$$x = 65 \cdot 0,56 / 22,4 = 1,625 \text{ (г)}$$

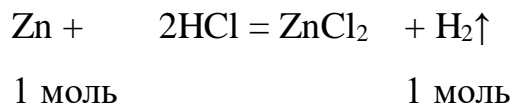
Відповідь: 1,625 г.

Варіант II

Крок 1. Записуємо рівняння реакції і розставимо коефіцієнти:



Крок 2. Під формулами речовин записуємо кількість речовини, згідно коефіцієнтів:



Крок 3. Обчислюємо кількість речовини за даними умови за формулою:

$$n = \frac{V}{V_M}$$

$$n (\text{H}_2) = 0,56 : 22,4 = 0,025 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини кисню, що виділився. Для цього встановлюємо співвідношення кількості речовини сполук за рівнянням реакції:

$n(\text{Zn}) : n(\text{H}_2) = 1 : 1$. Звідси випливає, що для отримання 0,025 моль водню необхідно взяти таку ж кількість речовини цинку, тобто:

$$n(\text{Zn}) = 0,025 \text{ моль цинку.}$$

Крок 4. Обчислюємо масу цинку за формулою:

$$m = n \cdot M.$$

$$m(\text{Zn}) = 0,025 \cdot 65 = 1,625 \text{ (г).}$$

Відповідь: 1,625 г.

Задача 3. Для добування кисню в лабораторії проводять реакцію термічного розкладу калій перманганату з утворенням калій манганату, манган(IV) оксиду і кисню. Яка маса калій перманганату (у грамах) вступила в реакцію, якщо утворилося 1,28 г кисню?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{O}_2) = 1,28 \text{ г}$	
$M_r(\text{кислоти}) = 63$	
$m(\text{KMO}_4) - ?$	

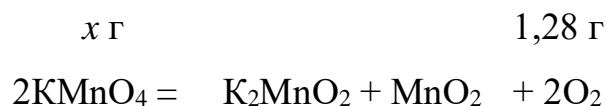
Розв'язання

Варіант I.

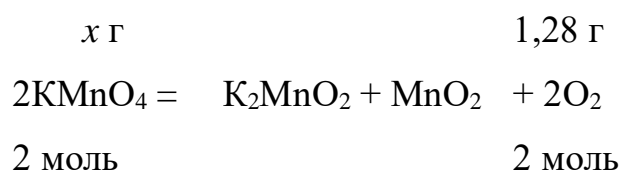
Крок 1. Записуємо рівняння реакції і розставляємо коефіцієнти:



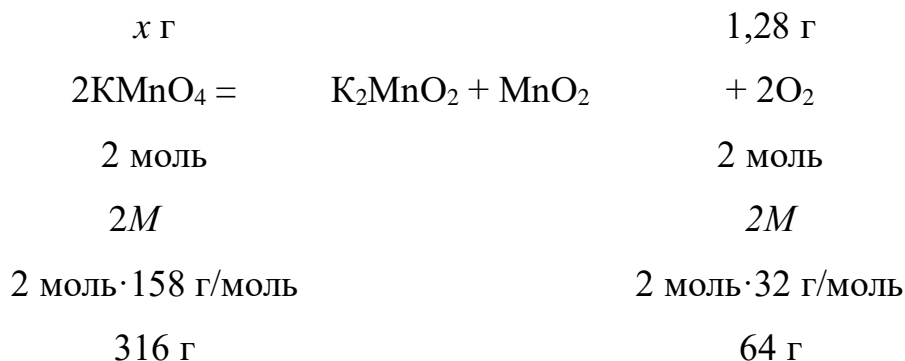
Крок 2. Записуємо дані з умови задачі над рівнянням реакції:



Крок 3. Записуємо під рівнянням реакції кількості речовин відповідно з коефіцієнтами:



Крок 4. Приведемо відповідні до кожної з речовин дані до однієї одиниці вимірювання (у даному випадку – грам):



Крок 5. Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$x / 316 = 12,8 / 64$$

$$x = 316 \cdot 1,28 / 64 = 6,32 \text{ (г)}$$

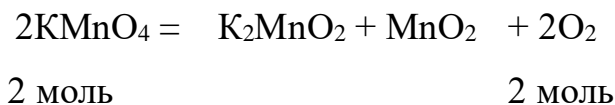
Відповідь: 6,32 г

Варіант II.

Крок 1. Записуємо рівняння реакції і розставляємо коефіцієнти:



Крок 2. Під формулами речовин записуємо кількість речовини, згідно з коефіцієнтами:



Крок 3. Обчислюємо кількість речовини кисню, що виділився.

За формулою

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

$$n (\text{O}_2) = m (\text{O}_2) / M (\text{O}_2)$$

$$n (\text{O}_2) = 1,28 \text{ г} / 32 \text{ г/моль} = 0,04 \text{ моль.}$$

Крок 4. Обчислюємо кількість речовини сполук за даними умови.

Для цього встановлюємо співвідношення калій перманганату і кисню за рівнянням реакції: $n (\text{KMnO}_4) : n (\text{O}_2) = 2:2 = 1:1$. Звідси випливає, що для отримання 0,04 моль кисню необхідно взяти таку саму кількість калій перманганату. Тобто, $n (\text{KMnO}_4) = 0,04 \text{ моль}$.

Крок 5. Обчислюємо молярну масу калій перманганату:

$$M(\text{KMnO}_4) = 39 + 55 + 4 \cdot 16 = 158 \text{ г/моль.}$$

Крок 6. Обчислюємо масу 0,04 моль калій перманганату за формулою:

$$m(\text{O}_2) = M \cdot n$$

$$m(\text{KMnO}_4) = 158 \text{ г/моль} \cdot 0,04 \text{ моль} = 6,32(\text{г}).$$

Відповідь: 6,32 г.

Задача 4. З дієнових вуглеводнів добувають каучуки, з яких виробляють гуму для автомобільних шин. Автомобіль «потребує» в середньому 240 кг каучуку. Який об'єм (у літрах) бутану необхідний для добування каучуку для 10 автомобілів, якщо вважати, що каучук бутадієновий?

Дано:	Допоміжні дані
m (каучуку на 1 авт.) =	$V_M = 22,4 \text{ л}$
240 кг = $2,4 \cdot 10^5 \text{ г}$	M (мономерної ланки) = 54 г / моль
10 автомобілів	
$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини каучуку для 1 автомобіля.

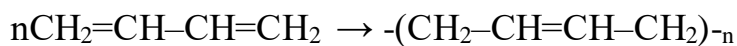
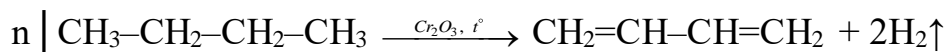
За формулою:

$$n = m / M;$$

M (мономерної ланки) = 54 г / моль.

$$n = 2,4 \cdot 10^5 / 54 = 4,4 \cdot 10^3 \approx 4,4 \cdot 10^3 \text{ (моль).}$$

Крок 2. Записуємо сумарне рівняння реакції:



n моль

n моль

Крок 3. Обчислюємо об'єм бутану в перерахунку на 1 автомобіль.

Виходячи із сумарного рівняння, кількості речовини бутану, що вступив в реакцію, й утвореного каучуку співвідносяться, як 1: 1. Отже, на $4,4 \cdot 10^3$ моль каучуку припадає $4,4 \cdot 10^3$ моль бутану. Обчислимо об'єм бутану за формулою:

$$V = n \cdot V_M$$

$$V (\text{бутану}) = 4,4 \cdot 10^3 \cdot 22,4 = 98,56 \cdot 10^3 (\text{л}).$$

Крок 4. Обчислюємо об'єм бутану для 10 автомобілів:

$$V (\text{бутану}) = 10 \cdot 98,56 \cdot 10^3 = 98,56 \cdot 10^5 (\text{л}).$$

Відповідь: $98,56 \cdot 10^5$ л.

Задача 5. Реакцію самозаймання гліцеролу в присутності калій перманганату називають «вулканом Шеєле»:



Обчисліть, який об'єм (у літрах) вуглекислого газу виділиться, якщо в реакцію вступить гліцерол масою 5,3 мл ($\rho = 1,3$ г/см³).

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$V (\text{гліцеролу}) = 5,3$ мл	$M (\text{гліцеролу}) = 92$ г/моль.
$\rho = 1,3$ г/мл	$V_M = 22,4$ л/моль
$V (\text{CO}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу гліцеролу

За формулою:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m (\text{гліцеролу}) = 1,3 \cdot 5,3 = 6,89 (\text{г}).$$

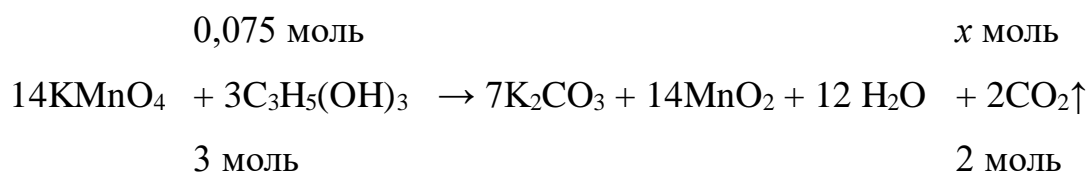
Крок 2. Обчислюємо кількість речовини гліцеролу в 6,89 г за формулою:

$$n (\text{гліцеролу}) = m (\text{гліцеролу}) / M (\text{гліцеролу})$$

$$n (\text{гліцеролу}) = 6,89 / 92 = 0,07489 \approx 0,075 (\text{моль}).$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини вуглекислого газу.

Для цього в рівнянні реакції над і під формулами сполук, що зазначено в умові, записуємо кількість речовини:



За рівнянням реакції, з 3 моль гліцеролу утворюється 2 моль вуглекислого газу. Складаємо пропорцію і розраховуємо кількість речовини CO_2 :

3 моль гліцерину – 2 моль CO₂

0,075 моль гліцерину – x моль CO₂

$$x = 0,075 \cdot 2/3 = 0,05 \text{ (моль)}.$$

Крок 4. Обчислюємо об'єм вуглекислого газу за формулою:

$$V = n \cdot V_M$$

$$V(\text{CO}_2) = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12 \text{ (л)}.$$

Відповідь: $V(\text{CO}_2) = 1,12 \text{ л}$.

Заняття 8. РОЗРАХУНКИ ЗА ЗАКОНОМ ОБ'ЄМНИХ ВІДНОШЕНЬ (ПРАВИЛОМ ГЕЙ-ЛЮССАКА)

Основні поняття: закон об'ємних відношень; кількість речовини; об'ємна частка газу.

Закон об'ємних відношень: об'єми газів, що вступають у реакцію за однакових умов (температури і тиску) співвідносяться між собою і до об'ємів газів, що утворюються, як прості цілі числа».

$$\frac{V(X)}{V(Y)} = \frac{n(X)}{n(Y)}$$

Задача 1. Об'єм водню, що вступить у реакцію гідрування 10 л етену дорівнює:

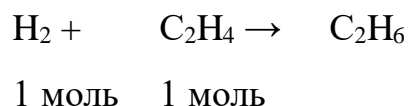
А 22,4 л; **В** 10 л;

Б 15 л; **Г** 5 л.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$V(\text{етену}) = 10 \text{ мл}$	
$V(\text{H}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції і позначаємо кількість речовини сполук, що їх зазначено в умові:



Крок 2. Встановлюємо об'єм водню.

За рівнянням реакції кількість речовини водню відноситься до кількості речовини етену, як 1:1. За законом об'ємних відношень на 10 л етену необхідно 10 л водню.

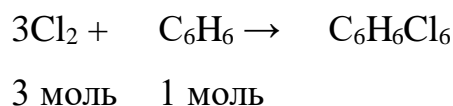
Відповідь: В.

Задача 2. У наслідок взаємодії 9 л хлору з паром бензену утворилося 3 моль гексахлороциклогексану. Визначте об'єм пари бензену, що вступив у реакцію.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$V(\text{Cl}_2) = 10 \text{ мл}$	
$V(\text{C}_6\text{H}_6) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції і позначаємо кількість речовини сполук, що зазначено в умові:



Крок 2. Встановлюємо об'єм водню.

За рівнянням реакції кількість речовини хлору відноситься до кількості речовини бензену, як 3:1. За законом об'ємних відношень:

$$\frac{V(X)}{V(Y)} = \frac{n(X)}{n(Y)}$$

Тобто, на 9 л хлору необхідно у 3 рази менший об'єм парів бензену:

$$9:3 = 3 \text{ (л)}.$$

Відповідь: 3 л.

Задача 3. В евдіометрі спалили суміш водню і кисню об'ємом 50 мл. Залишилося 2 мл газу, в якому спалахує тліюча скалка. Встановіть об'ємний склад вихідної суміші.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$V(\text{суміші}) = 50 \text{ мл}$	
$V(\text{газу}) = 2 \text{ мл}$	
$V(\text{O}_2) - ?$	
$V(\text{H}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо об'єм суміші, що витратилася.

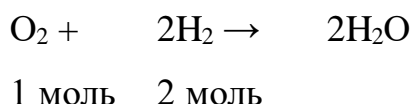
За формулою:

$$m(\text{суміші})_1 = m(\text{газу}) + m(\text{суміші})_2$$

$$m(\text{суміші})_2 = m(\text{суміші})_1 - m(\text{газу})$$

$$m(\text{суміші})_2 = 50 - 2 = 48 \text{ (мл)}.$$

Крок 2. Записуємо рівняння реакції горіння водню і позначаємо кількість речовини сполук, які зазначено в умові:



Крок 3. Встановлюємо об'єм газів, що витрачається за рівнянням реакції.

За законом об'ємних відношень з рівняння реакції випливає, що загальний об'єм кисню і водню, що витрачаються становить:

$$1 + 2 = 3 \text{ (об'єми)}.$$

Крок 4. Встановлюємо об'єми водню і кисню, що вступили в реакцію.

У реакцію вступило 48 мл суміші водню і кисню, які можна прийняти за 3 об'єми. Обчислюємо кількість мл у кожному об'ємі:

$$48 : 3 = 16 \text{ (мл)}.$$

З рівняння реакції співвідношення водню і кисню становить:

$$V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 2 : 1 = 2 \cdot 16 : 1 \cdot 16 = 32 : 16.$$

Крок 5. Обчислюємо об'єм кисню у вихідній суміші.

Виходячи з того, що після спалювання суміші залишився газ, який підтримує горіння, цей газ є киснем. Звідси загальний об'єм кисню, що містився у вихідній суміші дорівнює:

$$m(\text{O}_2)_{\text{початковий}} = m(\text{O}_2)_{\text{прореагувавший}} + m(\text{O}_2)_{\text{залишок}}$$

$$m(\text{O}_2) = 16 + 2 = 18 \text{ (мл)}.$$

Відповідь: $V(\text{O}_2) = 18 \text{ мл}$, $V(\text{H}_2) = 32 \text{ мл}$.

Заняття 9. ЗАДАЧІ НА ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЗА МАСОЮ, ОБ'ЄМОМ, КІЛЬКІСТЮ РЕЧОВИНИ АБО ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ

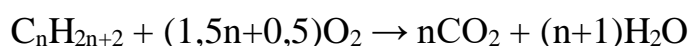
Основні поняття: молекулярна формула, простіша (емпірична) формула, загальна формула сполук різних класів.

Молекулярна (істинна) формула – формула сполуки, в якій відтворюється реальне число атомів кожного з елементів, що входить до складу речовини. Наприклад, молекулярна формула бензену C_6H_6

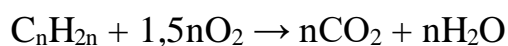
Простіша (емпірична) формула – показує співвідношення атомів різних елементів у молекулі. Наприклад, простіша формула бензену C_1H_1

Загальні рівняння реакцій горіння органічних сполук різних класів:

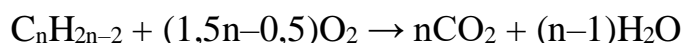
Алкани:



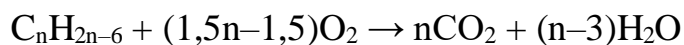
Алкени:



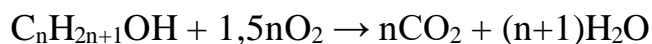
Алкіни (алкадієни):



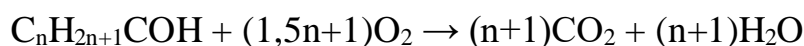
Арени:



Спирти:



Альдегіди:



Кислоти:



Задачі на визначення формули органічної сполуки, якщо відомий її клас.

Задача 1. Визначте молекулярну формулу насиченого одноатомного спирту, якщо внаслідок його повного згорання кількістю речовини 6 моль утворився вуглекислий газ об'ємом 672 л.

Дано:	Допоміжні дані
$n(\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{OH}) = 6 \text{ моль}$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{CO}_2) = 672 \text{ л}$	
$\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{OH} \text{ — ?}$	

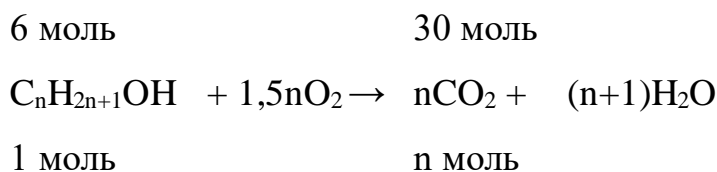
Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини вуглекислого газу.

За формулою: $n = V / V_M$,

$$n(\text{CO}_2) = 672 / 22,4 = 30 \text{ (моль)}.$$

Крок 2. Записуємо загальне рівняння горіння спирту і зазначаємо кількість речовини сполук над ним:



Крок 3. Встановлюємо співвідношення кількостей речовин насиченого одноатомного спирту і вуглекислого газу.

За рівнянням реакції відношення спирту до вуглекислого газу становить 1: n.

Крок 4. Виводимо молекулярну формулу насиченого одноатомного спирту.

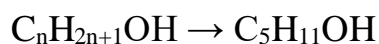
Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$6/1 = 30 / n$$

$$n = 30/6 = 5.$$

Кількість атомів Карбону у 5 молекулах вуглекислого газу дорівнює кількості атомів Карбону в молекулі насиченого одноатомного спирту.

Крок 5. Підставляємо отримане число в загальну формулу.



Відповідь: $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$.

Задачі на визначення формули вуглеводню, якщо його клас невідомий.

Задача 2. Спалили вуглеводень масою 5,8 г; добули вуглекислий газ масою 17,6 г і воду масою 9 г. Відносна густина вуглеводню за воднем становить 29. Виведіть формулу вуглеводню.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(C_xH_y) = 5,8 \text{ г}$	$M(CO_2) = 44 \text{ г/моль}$
$m(CO_2) = 17,6 \text{ г}$	$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$
$m(H_2O) = 9 \text{ г}$	
$D_{\text{(за воднем)}} = 29$	
Формула C_xH_y — ?	

Розв'язання

Варіант I

Крок 1. Обчислюємо масу Карбону в сполуці, що спалили.

1 моль CO_2 має масу 44 г/моль, з яких 12 г/моль припадає на Карбон. Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$\begin{aligned} 44 \text{ г/моль } (CO_2) &- 12 \text{ г/моль } (C) \\ 17,6 \text{ г} &- x \text{ г} \\ x &= 17,6 \cdot 12 / 44 = 4,8 \text{ (г)}. \end{aligned}$$

Крок 2. Обчислюємо масу Гідрогену в сполуці, що спалили.

Оскільки до складу молекули вуглеводню окрім Карбону і Гідрогену інші елементи не входять, для знаходження маси Гідрогену віднімаємо масу Карбону від маси всієї сполуки:

$$m(H) = 5,8 - 4,8 = 1 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Знаходимо емпіричну формулу сполуки.

Поділимо масу кожного з елементів на його відносну атомну масу:

$$C:H = 4,8/12 : 1/1 = 0,4:1.$$

Кількість атомів елемента має бути цілим числом, тому для одержання цілих чисел кожне з отриманих чисел можна: а) поділити на найменше; б) помножити на число, яке у добутку дасть ціле число.

$$\text{Множимо кожне з отриманих чисел на 5: } 0,4(\cdot 5) : 1(\cdot 5) = 2:5.$$

Емпірична формула молекули – C₂H₅.

Крок 4. Перевіряємо відповідь:

а) обчислюємо відносну молекулярну масу сполуки, що спалили, за її відотною густиною за воднем за формулою:

$$M_r(X) = D \cdot M_r(Y),$$

$$M_r(\text{сполуки}) = 29 \cdot 2 = 58.$$

б) обчислюємо відносну молекулярну масу сполуки за виведеною формулою:

$$M_r(\text{C}_2\text{H}_5) = 12 \cdot 2 + 1 \cdot 5 = 29.$$

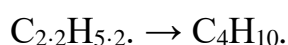
Порівнявши маси, бачимо, що вони не співпадають. Отже необхідно знайти істинну формулу сполуки.

Крок 5. Виводимо молекулярну формулу сполуки.

Для знаходження молекулярної формули сполуки ділимо відносну молекулярну масу сполуки (обчислену за її густиною за воднем) на відносну молекулярну масу сполуки, формулу якої вивели:

$$58/29 = 2.$$

Відносна молекулярна маса сполуки з виведеною формулою менша за відносну молекулярну масу сполуки у два рази. Це означає, що кількість атомів елементів у виведеній нами формулі необхідно збільшити у два рази:

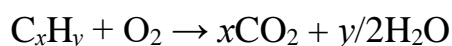


Відповідь: C₄H₁₀.

Варіант II

Загальна формула вуглеводню C_xH_y.

Тоді схема реакції згоряння виглядатиме так:



Згідно схемі реакції при згорянні 1 моль вуглеводню виділиться x моль вуглекислого газу.

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини Карбону у вуглекислому газі.

Кількість речовини вуглекислого газу знаходимо за його масою:

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}.$$

$$n(\text{CO}_2) = 17,6 / 44 = 0,4 \text{ моль.}$$

Виходячи з того, що увесь Карбон, що входив до складу вуглеводню перейшов до складу вуглекислого газу, робимо висновок, що у вуглеводні також міститься 0,4 моль.

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини Гідрогену у воді.

Кількість речовини води знаходимо за її масою:

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 9 / 18 = 0,5 \text{ моль.}$$

Увесь Гідроген, що входив до складу вуглеводню перейшов до складу води. В 1 молекулі води міститься 2 атоми Гідрогену. Тоді у вуглеводні міститься $\nu(\text{H}) = 2 \cdot 0,5 = 1$ (моль).

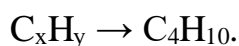
Крок 3. Виводимо молекулярну формулу вуглеводню.

Для отримання цілих чисел помножуємо одержані числа на 10:

$$n(\text{C}) = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}) = 1 \cdot 10 = 10 \text{ моль.}$$

Крок 4. Підставляємо отримані числа у загальну формулу вуглеводню:



Відповідь: C_4H_{10} .

Задачі на визначення формули органічної сполуки, якщо її клас невідомий.

Задача 3. У результаті спалювання органічної сполуки масою 5,4 г утворився вуглекислий газ об'ємом 6,048 л і вода масою 6,48 г. Відносна густина сполуки за гелієм становить 15. Визначте молекулярну формулу сполуки.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 5,4 \text{ г}$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{CO}_2) = 6,048 \text{ л}$	$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$
$m(\text{H}_2\text{O}) = 6,48 \text{ г}$	$A_r(\text{H}) = 1$
$D(\text{за He}) = 15$	$A_r(\text{C}) = 12$
$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z \text{ — ?}$	$A_r(\text{O}) = 16$

Розв'язання

При повному згоранні органічної сполуки виділяються вуглекислий газ і вода, до складу яких входять Карбон, Гідроген і Оксиген. У разі, якщо склад органічної сполуки невідомий і в умові не зазначено, що в результаті спалювання даної речовини виділяється азот, припускаємо, що до складу сполуки входять Карбон, Гідроген і Оксиген.

Варіант I.

Крок 1. Обчислюємо масу Карбону в сполуці, що спалили.

1 моль CO_2 займає об'єм 22,4 л, і містить 1 атом Карбону, відносна атомна маса якого – 12.

Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$\begin{aligned} 22,4 \text{ л } (\text{CO}_2) &- 12 \text{ г } (\text{C}) \\ 6,048 \text{ л} &- x \text{ г} \\ x &= 6,048 \cdot 12 / 22,4 = 3,24 \text{ (г)}. \end{aligned}$$

Крок 2. Обчислюємо масу Гідрогену в сполуці, що спалили.

1 моль H_2O має масу 18 г/моль, з яких 2 г/моль припадає на Гідроген.

Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$\begin{aligned} 18 \text{ г/моль } (\text{H}_2\text{O}) &- 2 \text{ г/моль } (\text{H}) \\ 6,48 \text{ г} &- x \text{ г} \\ x &= 6,48 \cdot 2 / 18 = 0,72 \text{ (г)}. \end{aligned}$$

Крок 3. Визначаємо наявність Оксигену в молекулі органічної сполуки.

Від маси сполуки віднімаємо маси Карбону і Гідрогену:

$$m(\text{O}) = 5,4 - (3,24 + 0,72) = 1,44 \text{ (г)}.$$

Крок 4. Встановлюємо пемпіричну формулу сполуки.

Поділимо масу кожного з елементів на його відносну атомну масу:

$$\text{C:H:O} = 3,24/12 : 0,72/1 : 1,44/16 = 0,27 : 0,72 : 0,09.$$

Кількість атомів елемента має бути цілим числом, тому ділимо всі числа на 0,09:

$$0,27(\cdot 0,09) : 0,72(\cdot 0,09) : 0,09(\cdot 0,09) = 3:8:1.$$

Виходячи з отриманого співвідношення, емпірична формула молекули – C_3H_8O .

Крок 4. Перевіряємо відповідь:

а) обчислюємо відносну молекулярну масу сполуки, що спалили, за її відносною густиною за воднем за формулою:

$$M_r(X) = D \cdot M_r(Y),$$

$$M_r(\text{сполуки}) = 15 \cdot 4 = 60.$$

б) обчислюємо відносну молекулярну масу сполуки за виведеною формулою:

$$M_r(C_3H_8O) = 12 \cdot 3 + 1 \cdot 8 + 16 \cdot 1 = 60.$$

Порівнявши маси, бачимо, що вони співпадають.

Відповідь: C_3H_8O .

Варіант II.

Крок 1. Знаходимо кількість речовини Карбону в сполуці, що спалили.

$$n = \frac{V}{V_M},$$

За формулою

$$n(CO_2) = 6,048 / 22,4 = 0,27 \text{ моль.}$$

Звідси:

$$n(C) = 0,27 \text{ моль.}$$

Крок 2. Знаходимо масу Карбону в сполуці, що спалили.

За формулою $m = n(C) \cdot A_r(C)$,

$$m(C) = 0,27 \cdot 12 = 3,24 \text{ (г).}$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини Гідрогену в сполуці, що спалили.

Звідси:

$$n(H_2O) = m / M = 6,48 / 18 = 0,36 \text{ моль.}$$

Крок 4. Обчислюємо кількість речовини Гідрогену в сполуці, що спалили.

$$n(H) = 0,36 \cdot 2 = 0,72 \text{ моль.}$$

Крок 5. Обчислюємо масу Гідрогену в сполуці, що спалили.

За формулою $m = n(H) \cdot A_r(H)$

$$m(\text{H}) = 0,72 \cdot 1 = 0,72 \text{ (г)}.$$

Крок 6. Обчислюємо масу Оксигену у вихідній сполуці.

Для цього від маси сполуки віднімаємо маси Карбону і Гідрогену:

$$m(\text{O}) = 5,4 - (3,24 + 0,72) = 1,44 \text{ (г)}$$

Крок 7. Обчислюємо кількість речовини Оксигену у вихідній сполуці.

$$n(\text{O}) = m(\text{O}) / A_r(\text{O}) = 1,44 : 16 = 0,09 \text{ моль}.$$

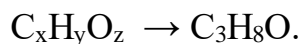
Крок 8. Встановлюємо емпіричну формулу сполуки:

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = 0,27 : 0,72 : 0,09.$$

Для отримання цілих чисел ділимо відповідь на найменше число (0,09):

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = 0,27/0,09 : 0,72/0,09 : 0,09/0,09 = 3:8:1.$$

Крок 9. Підставляємо отримані числа у формулу сполуки:



Крок 5. Перевіряємо відповідь за прикладом поданим у варіанті I.

Відповідь: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.

Заняття 10. ЗАДАЧІ НА УСТАНОВЛЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ ЗА МАСОЮ, ОБ'ЄМОМ, КІЛЬКІСТЮ РЕЧОВИНИ РЕАГЕНТІВ АБО ПРОДУКТІВ РЕАКЦІЇ

Основні поняття: загальна формула груп або класів сполук, хімічні властивості сполук.

Задачі такого типу ґрунтуються на хімічних властивостях речовин, формулу яких необхідно встановити.

Задачі на установлення молекулярної формули речовини за масою, реагентів або продуктів реакції.

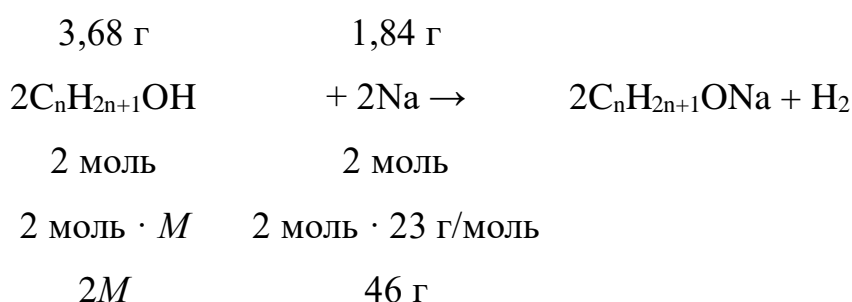
Задача 1. Виведіть молекулярну формулу насиченого одноатомного спирту, якщо відомо, що час взаємодії його масою 3,68 г витратився натрій масою 1,84 г.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) = 3,68 \text{ г}$	$M(\text{Na}) = 23 \text{ г/моль}$
$m(\text{Na}) = 1,84 \text{ г}$	$A_r(\text{H}) = 1; A_r(\text{O}) = 16$
$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH} \text{ — ?}$	$A_r(\text{C}) = 12$

Розв'язання

Для розв'язування даної задачі необхідно знати загальну формулу генетичного ряду насичених одноатомних спиртів.

Крок 1. Записуємо схему рівняння реакції і зазначаємо над нею маси сполук, що зазначено в умові, а під нею – кількість речовини і маси:



Крок 2. Обчислюємо молярну масу спирту:

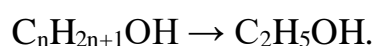
$$\begin{aligned}
 3,68 / 2M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) &= 1,84 / 46 \\
 2M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) &= 3,68 \cdot 46 / 1,84 = 92 \text{ (г/моль)} \\
 M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) &= 92 : 2 = 46 \text{ (г/моль)}.
 \end{aligned}$$

Крок 3. Виводимо молекулярну формулу насиченого одноатомного спирту. Загальна формула насичених одноатомних спиртів $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$.

Знаходимо n , підставляючи замість хімічних символів елементів їхні відносні атомні маси:

$$\begin{aligned}
 12n + 2n + 1 + 16 + 1 &= 46 \\
 14n &= 46 - 18 = 28 \\
 n &= 2.
 \end{aligned}$$

Крок 4. Підставляємо отримане число в загальну формулу:



Відповідь: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

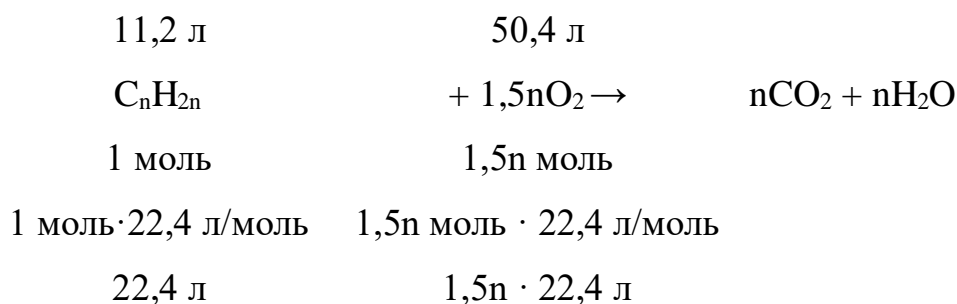
Задачі на установлення молекулярної формули речовини за об'ємом реагентів або продуктів реакції

Задача 2. Для повного горіння алкену об'ємом 11,2 л використали кисень об'ємом 50,4 л. Визначте формулу алкену.

Дано:	Допоміжні дані
$V(C_nH_{2n}) = 11,2$ л	$V_M = 22,4$ л/моль
$V(O_2) = 50,4$ л	
$C_nH_{2n} — ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо загальне рівняння горіння алкену. Відповідно умові задачі записуємо дані над рівнянням. Під формулами зазначених сполук відповідно зазначених одиниць вимірювання записуємо об'єм:



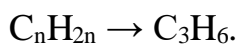
Крок 2. Обчислюємо кількість атомів Карбону в сполуці.

Виходячи з загального рівняння кількість атомів Карбону чисельно дорівнює n . Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$\begin{aligned} 11,2/22,4 &= 50,4/1,5n \cdot 22,4 \\ 1,5n \cdot 22,4 &= 22,4 \cdot 50,4 / 11,2 \\ 1,5n &= 50,4 / 11,2 \\ 1,5n &= 4,5 \\ n &= 3. \end{aligned}$$

Крок 3. Визначаємо молекулярну формулу алкену.

Підставляємо отримане число в загальну формулу:



Відповідь: C_3H_6 .

Задачі на встановлення молекулярної формули речовини за кількістю речовини реагентів або продуктів реакції

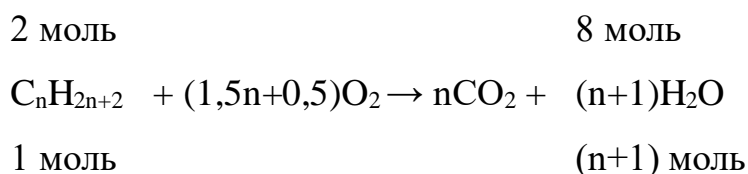
Задача 3. Спалили насичений вуглеводень кількістю речовини 2 моль; добули воду (8 моль). Визначте формулу алкану.

Дано:	Допоміжні дані
$n(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 2$ моль	
$n(\text{H}_2\text{O}) = 8$ моль	
$\text{C}_n\text{H}_{2n+2} \text{ — ?}$	

Розв'язання

Записуємо загальне рівняння горіння алкену. Під формулами зазначених сполук відповідно зазначених одиниць вимірювання записуємо об'єм:

Крок 1. Записуємо загальне рівняння горіння алканів, зазначаючи кількість речовини сполук за умовою над рівнянням, а за реакцією – під рівнянням



Крок 2. Обчислимо кількість атомів Карбону в сполучі.

Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$\begin{aligned} 2/1 &= 8/(n+1) \\ n+1 &= 8:2 \\ n &= 4-1 \\ n &= 3. \end{aligned}$$

Крок 3. Підставляємо індекс у загальну формулу. Отже формула алкану: C_3H_8 , пропан.

Відповідь: C_3H_8 .

Заняття 11. ЗАДАЧІ НА УСТАНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТА ЗА СКЛАДОМ РЕЧОВИНИ.

Основні поняття: оксиди (солетворні й несолетворні), гідроксиди, солі, Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва, загальні формули вищих оксидів і летких водневих сполук.

Для розв'язування задач такого типу треба вміти користуватися Періодичною системою хімічних елементів, зокрема встановлювати загальні формули вищих оксидів і гідроксидів і солей, що їм відповідають, і летких водневих сполук відповідно до місцезнаходження елемента, що їх утворює, в Періодичній системі.

Задача 1. Вищий оксид елемента V групи утворює кислоту, відносна молекулярна маса якої 63. Який це елемент?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
Група – V	
$M_r(\text{кислоти}) = 63$	
X – ?	

Розв'язання

Крок 1. Виводимо формулу вищого оксиду.

Вища валентність елементів V групи дорівнює V. Звідси формула вищого оксиду – X_2O_5 .

Крок 2. Виводимо формулу кислоти. Даному вищому оксиду можуть відповідати кислоти у *мета-* й *орто-*формах: HXO_3 і H_3XO_4 відповідно. Необхідно перевірити, яка з кислот підходить.

Крок 3. Установлюємо елемент, якщо його вищий оксид утворює кислоту HXO_3 :

$$M_r(HXO_3) = 63.$$

Підставляємо замість хімічних символів відомих елементів їх відносні атомні маси:

$$1 + A_r(X) + 3 \cdot 16 = 63;$$

$$A_r(X) = 63 - 49 = 14.$$

Перевіряємо наявність елемента з відносною атомною масою 14 в V групі Періодичної системи хімічних елементів Д.І. Менделєєва. Це – Нітроген.

Крок 4. Встановлюємо елемент, якщо його вищий оксид утворює кислоту H_3XO_4 :

$$M_r(\text{H}_3\text{XO}_4) = 63.$$

Підставляємо замість хімічних символів відомих елементів їх відносні атомні маси:

$$3 \cdot 1 + A_r(\text{X}) + 4 \cdot 16 = 63;$$

$$A_r(\text{X}) = 63 - 67 = -3.$$

Від'ємне число не може бути відповіддю в задачі.

Відповідь: Нітроген.

Задача 2. Несолетворний оксид елемента має відносну молекулярну масу 48. Масова частка елемента в оксиді становить 66,6%. Який це елемент?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\omega(\text{X}) = 66,6\%$	$A_r(\text{O}) = 16$
$M_r(\text{XO}) = 48$	
$\text{X} - ?$	

Розв'язання

Несолетворні оксиди можуть утворюватися лише неметалічними елементами з валентностями I і II (крім галогенів). Перевіряємо ці оксиди.

Варіант I.

Крок 1. Обчислюємо масову частку Оксигену в молекулі.

$$\omega(\text{O}) = 100 - 66,6 = 33,4 (\%).$$

Крок 2. Обчислюємо відносну атомну масу елемента, формула оксиду якого X_2O .

Знаючи відносну атомну масу і масову частку одного з двох елементів і масову частку другого, обчислимо відносну атомну масу другого елемента. Складаємо пропорцію:

$$16 - 33,4\%$$

$$x - 66,6\%$$

$$x = 66,6 \cdot 16 / 33,4$$

$$x = 31,714 \approx 31,7.$$

Отже, $A_r(\text{елемента}) = 31,7$.

Крок 3. Знаходимо елемент в Періодичній системі хімічних елементів.

Неметалічного елемента з відносною атомною масою 31,7 немає.

Крок 4. Обчислюємо відносну атомну масу елемента, формула оксиду якого ХО.

Приймаємо відносну молекулярну масу всієї молекули за 100%, тоді відносна атомна маса невідомого елемента – x . Складаємо пропорцію:

$$48 - 100\%$$

$$x - 66,6\%$$

$$x = 66,6 \cdot 48 / 100$$

$$x = 31,968 \approx 32.$$

$A_r(\text{елемента}) = 32$.

Крок 3. Знаходимо елемент в Періодичній системі хімічних елементів.

Неметалічний елемент з відносною атомною масою 32 – це Сульфур.

Відповідь: Сульфур.

Варіант II

Крок 1. Обчислюємо масу невідомого елемента в молекулі оксиду за формулою:

$$\omega = m(\text{елемента}) / m(\text{молекули});$$

$$m(\text{елемента}) = m(\text{молекули}) \omega;$$

$$m(\text{X}) = 48 \cdot 0,666 = 31,968 \approx 32.$$

Маса елемента в оксиді дорівнює 32.

Крок 2. Знаходимо елемент, формула оксиду якого Х₂О. З молекулярної формули оксиду випливає, що кількість атомів невідомого елемента в молекулі дорівнює 2. Тоді для знаходження відносної атомної маси елемента загальну масу елемента в молекулі необхідно поділити на 2:

$$32/2 = 16.$$

$A_r(\text{елемента}) = 16$.

Відносну атомну масу 16 має Оксиген, тому відповідь неправильна.

Крок 3. Знаходимо елемент, формула оксиду якого XO . З молекулярної формули випливає, що кількість атомів невідомого елемента в молекулі становить 1. Тоді і його відносна атомна маса дорівнює 32. За Періодичною системою хімічних елементів таку відносну атомну масу має Сульфур.

Відповідь: Сульфур.

Задача 3. Відносна молекулярна маса натрієвої солі Na_2EO_4 , утвореної внаслідок взаємодії вищого оксиду елемента VI групи Періодичної системи хімічних елементів, дорівнює 189. Який елемент утворює даний оксид?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
VI група	$A_r(O) = 16$
$\omega(X) = 66,6\%$	$A_r(Na) = 23$
$M_r(Na_2XO_4) = 189$	
X – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну атомну масу невідомого елемента:

$$A_r(E) = M_r(Na_2EO_4) - 2A_r(Na) - 4A_r(O) = 189 - 46 - 64 = 79.$$

Крок 2. Встановлюємо невідомий елемент у VI групі Періодичної системи хімічних елементів з відносною атомною масою 79. Це – Селен.

Відповідь: Селен.

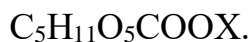
Задача 4. Металічний елемент утворює сіль з глюконовою кислотою $C_5H_{11}O_5COOH$. Відносна молекулярна маса солі 430. Установіть елемент.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$M_r(\text{солі}) = 430$	$A_r(C) = 12$
Me – ?	$A_r(O) = 16$
	$A_r(H) = 1$

Розв'язання

Металічні елементи проявляють валентність I, II або III. Розглянемо ці варіанти, знаючи, що у даній кислоті лише один атом гідрогену може замітитися на атом металу.

Крок 1. Складаємо формулу солі одновалентного металічного елемента:



Крок 2. Обчислюємо відносну атомну масу елемента, підставивши замість хімічних символів елементів їхні відносні атомні маси:

$$\begin{aligned} A_r(E) &= M_r(C_5H_{11}O_5COOE) - 6A_r(C) - 11A_r(H) - 7A_r(O) = \\ &= 430 - 72 - 11 - 112 = 430 - 195 = 235. \end{aligned}$$

Крок 3. Установлюємо одновалентний металічний елемент з відотною атомною масою 235 в Періодичній системі хімічних елементів. Такого елемента немає.

Крок 4. Складаємо формулу солі двовалентного металічного елемента:



Крок 5. Обчислюємо відносну атомну масу елемента, підставивши замість хімічних символів елементів їх відносні атомні маси:

$$\begin{aligned} A_r(E) &= M_r((C_5H_{11}O_5COO)_2E) - 2(6A_r(C) + 11A_r(H) + 7A_r(O)) = \\ &= 430 - 2 \cdot 195 = 40. \end{aligned}$$

Крок 6. Установлюємо двовалентний металічний елемент з відотною атомною масою 40 в Періодичній системі хімічних елементів. Двовалентний металічний елемент з відотною атомною масою 40 – це Кальцій.

Крок 7. Складаємо формулу солі тривалентного металічного елемента:



Крок 8. Обчислюємо відносну атомну масу елемента, підставивши замість хімічних символів елементів їх відносні атомні маси:

$$\begin{aligned} A_r(E) &= M_r((C_5H_{11}O_5COO)_3E) - 3(6A_r(C) + 11A_r(H) + 7A_r(O)) = \\ &= 430 - 3 \cdot 195 = 430 - 585 = -155. \end{aligned}$$

Від'ємне число не може бути відповіддю у задачі.

Відповідь: Кальцій.

Обчислюємо молярну масу металу за формулою:

$$M = \frac{m}{n},$$

$$M(E) = 16,8 / 0,7 = 24 \text{ (г/моль)}.$$

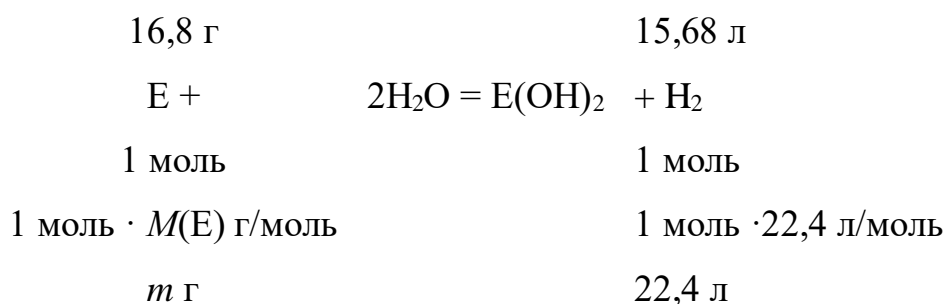
Крок 4. Визначаємо двовалентний металічний елемент за Періодичною системою хімічних елементів – це Магній.

Відповідь: Магній.

Варіант II.

Крок 2. Обчислюємо молярну масу металу.

Зазначаємо масу і об'єм сполук за умовою над схемою реакції, а кількість речовини і відповідно масу і об'єм за реакцією – під рівнянням:



Крок 3. Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$16,8 / M(E) = 15,68 / 22,4$$

$$M(E) = 16,8 \cdot 22,4 / 15,68 = 24 \text{ (г/моль)}.$$

У даному випадку маса металу чисельно дорівнює молярній масі.

Крок 4. Визначаємо хімічний елемент в Періодичній системі хімічних елементів – це Магній.

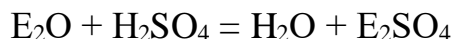
Відповідь: Магній.

Задача 2. Оксид одновалентного металу масою 4,7 г вступив у реакцію з розчином сульфатної кислоти, внаслідок чого утворилася середня сіль масою 8,7 г. Установіть метал, що входить до складу солі.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{солі}) = 8,7 \text{ г}$	H ₂ SO ₄
$m(\text{MeO}) = 4,7 \text{ г}$	
<i>Метал – ?</i>	

Розв'язання

Крок 1. Складаємо рівняння хімічної реакції:

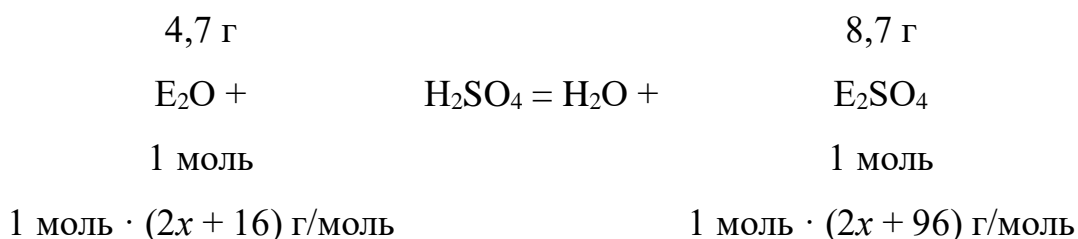


Крок 2. Приймаємо значення відносної атомної маси металічного елемента за x . Тоді молярні маси оксиду і солі дорівнюватимуть відповідно:

$$M(E_2O) = (2x + 16) \text{ г/моль}$$

$$M(E_2SO_4) = 2x + 32 + 64 = (2x + 96) \text{ г/моль}$$

Крок 3. Записуємо дані з умови задачі над рівнянням. Записуємо молярні маси під зазначеними речовинами:



Крок 4. Обчислюємо відносну атомну масу металічного елемента. Для цього складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$4,7 / 2x + 16 = 8,7 / 2x + 96$$

$$4,7(2x + 96) = 8,7(2x + 16)$$

$$9,4x - 17,4x = 139,2 - 451,2$$

$$8x = 312$$

$$x = 39$$

Крок 5. Встановлюємо одновалентний металічний елемент за Періодичною системою хімічних елементів.

Одновалентний металічний елемент, відносна атомна маса якого 39 – це Калій.

Відповідь: Калій.

Задача 3. У розчин, що містив оцтову кислоту масою 12 г, долили розчин, що містив луг. У результаті утворилася сіль масою 1,96 г. Визначте металічний елемент, що входив до складу основи.

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 12 \text{ г}$	Лужний елемент
$m(\text{солі}) = 1,96 \text{ г}$	$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ г/моль}$
$E - ?$	

Розв'язання

Луг – це розчинна основа, утворена лужними і лужноземельними металічними елементами Li, K, Na, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba. Ці елементи мають валентність I і II. Тож розглянемо два варіанти реакцій.

Варіант I.

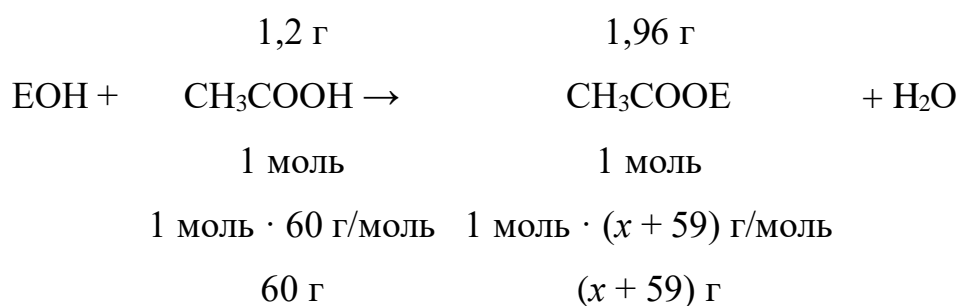
Крок 1. Складаємо рівняння реакції.

Позначаємо відносну атомну масу металічного елемента x . Тоді молярна маса солі дорівнює:

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CH}_3\text{COOE}) = (x + 59) \text{ г/моль}$$

Складаємо схему хімічної реакції, зазначаючи маси сполук за умовою над схемою реакції, а кількість речовин і маси, що їм відповідають – під схемою:



Крок 2. Обчислюємо відносну атомну масу металічного елемента.

Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$\frac{1,2}{60} = \frac{1,96}{x + 59}$$

$$x + 59 = 60 \cdot 1,96 / 1,2$$

$$x = 98 - 59$$

$$x = 39$$

Крок 3. Визначаємо елемент у ІА групі Періодичної системи хімічних елементів.

Одновалентний метал, відносна атомна маса якого 39 – це Калій.

Відповідь: Калій.

Варіант II.

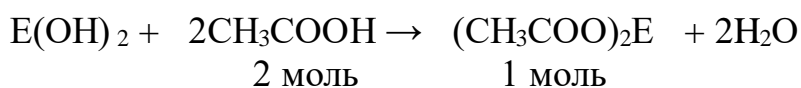
Крок 1. Обчислюємо кількість речовини оцтової кислоти, що вступила в реакцію .

За формулою:

$$n = \frac{m}{M},$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,2 / 60 = 0,02 \text{ (моль)}.$$

Крок 2. Складаємо схему хімічної реакції.



За рівнянням із 2 моль кислоти утворюється 1 моль солі. Отже, з 0,02 моль кислоти утвориться 0,01 моль солі.

Крок 3. Обчислюємо молярну масу солі.

За формулою:

$$M = \frac{m}{n},$$

$$M((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{E}) = 1,96 / 0,01 = 196 \text{ (г/моль)}.$$

Крок 4. Обчислюємо відносну атомну масу металічного елемента.

Молярна маса сполуки чисельно дорівнює її відносній молекулярній масі. Отже, підставляємо у формулу солі відносні атомні маси замість символів хімічних елементів:

$$2 \cdot (12 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 16 \cdot 2) + A_r(\text{E}) = 196$$

$$2 \cdot 59 + A_r(\text{E}) = 196$$

$$A_r(\text{E}) = 196 - 118$$

$$A_r(\text{E}) = 78.$$

Крок 3. Визначаємо хімічний елемент ІА групи в Періодичній системі хімічних елементів.

Двовалентний металічний елемент ПА групи, відносна атомна маса якого 78 у Періодичній системі хімічних елементів відсутній.

Відповідь: Калій.

Заняття 13. МЕТОДИ ВСТАНОВЛЕННЯ СКЛАДУ СУМІШЕЙ. ОБЧИСЛЕННЯ ВМІСТУ КОМПОНЕНТІВ СУМІШЕЙ (ЗОКРЕМА МЕТАЛІВ У СПЛАВАХ).

Основні поняття: суміш, масова частка компоненту суміші, об'ємна частка компоненту суміші.

Суміш – це система, що складається з двох або більше речовин (компонентів). Суміші поділяють на однорідні і неоднорідні. До однорідних сумішей відносяться розчини, суміші газів. Неоднорідні суміші включають речовини у різному агрегатному стані, наприклад газ і рідина, і суміші твердих речовин. Будь-яку суміш можна розділити на компоненти.

Масова частка речовини в суміші (ω) – це відношення маси цієї речовини до загальної маси суміші. Виражається у частці від одиниці, або відсотках (%). Обчислюється за формулою:

$$\omega (\text{реч.}) = m (\text{реч.}) / m (\text{сум.}),$$

де ω (реч.) – масова частка речовини, вимірюється в частках від одиниці, або у відсотках (масова частка множиться на 100%);

m (реч.) – маса речовини;

m (сум.) – маса суміші.

Об'ємна частка (φ) – це відношення об'єму якоїсь речовини в суміші до суми об'ємів компонентів до змішування. Виражається у частці одиниці, наприклад сотих (‰), тисячних (промиле, позначають символом ‰). Обчислюється за формулою:

$$\varphi (\text{реч.}) = V (\text{реч.}) / V (\text{сум.}),$$

де φ (реч.) – об'ємна частка речовини, вимірюється в частках від одиниці, або у відсотках (масова частка множиться на 100%);

V (реч.) – об'єм речовини;

V (сум.) – об'єм суміші.

Розрахунок складу сировинної суміші проводять для визначення кількісних співвідношень її компонентів. Застосовують різні методи розрахунку від найпростіших до дуже складних. Основою є хімічний склад сировини.

Методи розрахунку.

Метод I. Обчислення складу суміші за масовою часткою.

Для обчислення необхідно знати масу всієї суміші і масову частку компоненту суміші.

Задача 1. Для виготовлення ювелірних виробів використовують золото з різною пробой. Пробой називають уміст основного благородного металу у сплаві. Однією з існуючих систем проб є метрична де показано кількість міліграмів основного благородного металу в 1 грамі (або грамів в кілограмі) сплаву. Ювелірне золото – це сплав золота, срібла і міді. Колір сплаву залежить від співвідношення умісту цих металів (чим більше міді, тим червоніше сплав). Установіть, у якому з виробів чистого золота більше: а) у 1,2 г 583 проби; б) у 2 г 375 проби?

Дано:	Допоміжні дані
m (сплаву) ₁ = 1,2 г	Проба 583
m (сплаву) ₂ = 2 г	Проба 375
m (золота) _{проба1} = 0,583 г	1 г = 1000 мг
m (золота) _{проба2} = 0,375 г	
m (золота) ₁ – ?	
m (золота) ₂ – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масову частку золота в сплаві 583 проби, виходячи з того, що в 1000 мг його міститься 583 мг золота.

За формулою:

$$\omega = \frac{m(\text{реч.})}{m(\text{роз-ну})},$$

$$\omega(\text{Au}) = 583 / 1000 = 0,583.$$

Крок 2. Обчислюємо масову частку чистого золота в сплаві проби 375, виходячи з того, що в 1000 мг його міститься 375 мг золота:

$$\omega(\text{Au}) = 375 / 1000 = 0,375$$

Крок 3. Обчислюємо масу золота у сплаві 583 проби масою 1,2 г.

За формулою:

$$m(\text{реч.}) = \omega \cdot m(\text{сплаву}),$$

$$m(\text{Au}) = 0,583 \cdot 1,2 = 0,6996 \text{ (г)}.$$

Крок 4. Обчислюємо масу золота у сплаві 375 проби масою 1,2 г:

$$m(\text{Au}) = 0,375 \cdot 2 = 0,75 \text{ (г)}.$$

Крок 5. Порівнюємо маси чистого золота в різних сплавах:

$$0,6996 < 0,75$$

Відповідь: б.

Задача 2. Розчин мурашиної кислоти з перекисом водню застосовують для знезараження ран. Обчисліть масу кропиви (у кілограмах) (масова частка мурашиної кислоти – 1,34%), що необхідна для добування 50 г HCOOH?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{кислоти}) = 50 \text{ г}$	
$\omega(\text{кислоти}) = 1,34\% = 0,0134$	
$m(\text{кропиви}) - ?$	

Розв'язання

Обчислюємо масу кропиви за формулою:

$$\omega = m(\text{реч.}) / m(\text{сум.}).$$

$$m(\text{кропиви}) = m(\text{речовини}) / \omega(\text{реч.})$$

$$m(\text{кропиви}) = 50 / 0,0134 = 3731,34328 \approx 3,73 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: 3,73 кг.

Метод II. Перехресний спосіб розрахунку («правило хреста», квадрат Пірса)

Найпростішим способом розрахунку складу суміші є перехресний спосіб, при якому визначають співвідношення двох компонентів, що входять до складу суміші. Для обчислення необхідно задати тільки необхідний вміст одного з компонентів і, виходячи з цього, знайти співвідношення обох компонентів.

Задача 3. В якому співвідношенні необхідно змішати вапняк з умістом CaCO_3 91% і глину з вмістом CaCO_3 31%, щоб отримати сировинну суміш, що містить, рівним 76% CaCO_3 ? Обчислення проводяться при створенні будівельної суміші під час проведення ремонтно-оздоблювальних робіт.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\omega (\text{CaCO}_3)_1 = 91\%$	
$\omega (\text{CaCO}_3)_2 = 31\%$	
$\Delta\omega (\text{CaCO}_3) = 76\%$	
вапняк : глина – ?	

Розв'язання.

Крок 1. Записуємо відомі масові частки обох компонентів суміші:

Вапняк — 91%

Глина — 31%

Крок 2. Записуємо масову частку вапняку, яка має бути у готовій суміші:

Вапняк 91%

76%

Глина 31%

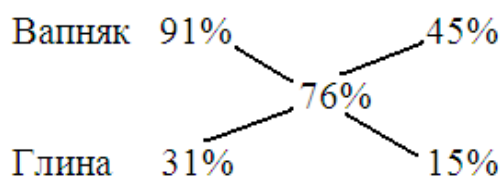
Крок 3. Виконуємо необхідні обчислення:

Вапняк 91% $76 - 31 = 45$ (%) вапняку

76%

Глина 31% $91 - 76 = 15$ (%) глини

Крок 4. Отримуємо кінцевий запис:



Таким чином, для отримання суміші, що містить 76% вапняку, на кожні 45 частин вапняку треба взяти 15 частин глини, або, при скороченні на «15», маємо 3 : 1.

Відповідь: співвідношення вапняку і глини в суміші складає 3 : 1.

Метод III. Уведення двох невідомих.

Задача 4. В результаті взаємодії суміші гідроксидів Калію і Натрію масою 13,5 г витратилася хлоридна кислота, що містить 10,95 г HCl. Обчисліть маси гідроксидів в суміші.

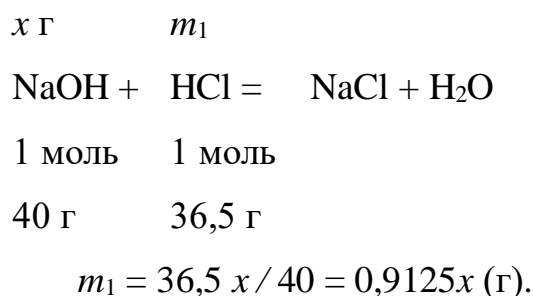
<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
m (суміші) = 13,5 г	M (KOH) = 56 г/моль
m (HCl) = 10,95 г	M (NaOH) = 40 г/моль
m (KOH) – ?	M (HCl) = 36,5 г/моль
m (NaOH) – ?	

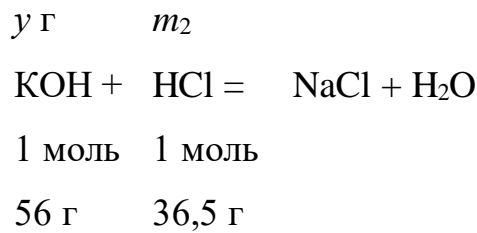
Розв'язання

Крок 1. Уведемо два невідомих.

Приймемо масу одного компонента (NaOH) за x г, а другого (KOH) – за y г.

Крок 2. Записуємо рівняння реакцій Обчислимо масу гідроген хлориду у реакції з натрій гідроксидом.





$$m_2 = 36,5 y / 56 \approx 0,66y \text{ (г)}.$$

Крок 3. Складаємо рівняння

$$x + y = 13,5 \text{ (г)}, \text{ маса всієї суміші.}$$

$$0,9125x + 0,66y = 10,95 \text{ (г)}, \text{ маса гідроген хлориду.}$$

Крок 4. Складаємо систему рівнянь і розв'язуємо її.

$$\begin{cases}
 0,9125x + 0,66y = 10,95 \\
 x + y = 13,5
 \end{cases} \cdot 0,9125$$

$$\begin{array}{r}
 0,9125x + 0,66y = 10,95 \\
 \hline
 0,9125x + 0,9125y = 12,312
 \end{array}$$

$$0,9125x + 0,66y = 10,95$$

$$0,9125x + 0,9125y = 12,312$$

$$0,2525y = 1,36$$

$$y \approx 5,39.$$

Крок . Обчислюємо маси гідроксидів в суміші.

За попередніми розрахунками маса KOH становить 5,39 г. Отже маса NaOH дорівнює:

$$m(\text{NaOH}) = 13,5 - 5,39 = 8,11 \text{ (г)}.$$

Відповідь: $m(\text{NaOH}) = 8,11 \text{ г}$, $m(\text{KOH}) = 5,39 \text{ г}$.

IV метод. Уведення одного невідомого.

Задача 3. Пропан-бутанова суміш використовується як автомобільне паливо. Відносна густина суміші за гелієм становить 11,35. Обчисліть об'ємне співвідношення газів у суміші.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
Пропан-бутанова суміш	M (пропан) = 44 г/моль;
M (повітря) / M (суміші) = 1,5	M (бутан) = 58 г/моль
$D_{\text{за He}} = 11,35$	M (повітря) = 29 г/моль
V (пропан) / V (бутан) – ?	

Розв'язання

Даний спосіб дозволяє розрахувати кількість речовини пропану, необхідного на 1 моль бутану.

Крок 1. Приймаємо кількість речовини одного з компонентів (пропан) за x моль, а другого (бутан) – за $(1 - x)$ моль.

Крок 2. Обчислюємо молярну масу суміші:

$$Mr(\text{сум.}) = Mr(\text{He}) \cdot D_{\text{за He}} = 4 \cdot 11,35 = 45,4$$

$$M(\text{сум.}) = Mr(\text{сум.}) = 45,4 \text{ г/моль}$$

Крок 3. Складаємо рівняння.

Приймаємо кількість речовини пропану в суміші за 1 моль, а бутану – за x .

Складаємо рівняння:

$$M(\text{пропану}) \cdot x + M(\text{бутану}) \cdot (1 - x) = 45,4$$

$$44x + 58(1 - x) = 45,4$$

$$14x = 12,6$$

$$x = 0,9$$

Звідси кількість речовини, а отже і об'ємів пропану і бутану становить відповідно 0,9 моль і 0,1 моль (0,9V:0,1V).

Крок 3. Встановлюємо відношення об'ємів пропану і бутану в суміші.

Ділимо кількість речовини (об'єм) пропану на кількість речовини (об'єм) бутану і отримуємо:

$$0,9 : 0,1 = 9:1$$

$$\text{Відповідь: } V(\text{пропан}) / V(\text{бутан}) = 9:1.$$

Метод V. Прийняття суміші за 1 моль.

Задача 4. Обчисліть об'ємне співвідношення амоніаку і водню в суміші, густина якої за гелієм складає 2,75.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
Суміш водню і амоніаку	$M(\text{NH}_3) = 17 \text{ г/моль.}$
$D_{(\text{за He})} = 2,75$	$M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль.}$
$V(\text{NH}_3) / V(\text{H}_2) = ?$	$M(\text{He}) = 4 \text{ г/моль}$

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо молярну масу суміші:

$$M(\text{сум.}) = M(\text{He}) \cdot 3,25 = 4 \cdot 2,75 = 11 \text{ (г/моль)}.$$

Крок 2. Приймаємо загальну кількість реагентів за 1 моль, а першого компонента (амоніаку) за x . Тоді кількість другого компонента (водню) дорівнюватиме $1 - x$.

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини кожного з компонентів суміші.

За формулою: $n(\text{сум.}) = m(\text{сум.}) / M(\text{сум.})$, отримаємо:

$$1 = (17x + 2(1 - x)) / 11,$$

$$17x + 2 - 2x = 11$$

Зробивши необхідні перетворення, отримуємо

$$15x = 9$$

$$x = 9/15 = 0,6, \text{ а}$$

$$1 - x = 1 - 0,6 = 0,4.$$

Співвідношення кількості речовини (а за законом Авогадро і об'ємів) амоніаку і водню дорівнює:

$$x : (1 - x) = 0,6 : 0,4.$$

Відповідь: $\text{NH}_3 : \text{H}_2 = 0,6 : 0,4.$

Заняття 14. ОБЧИСЛЕННЯ КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ СУМІШЕЙ ЗА РІВНЯННЯМИ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ (ЯКЩО ОДИН КОМПОНЕНТ СУМІШІ БЕРЕ УЧАСТЬ В ХІМІЧНОМУ ПРОЦЕСІ).

Основні поняття: суміш, масова частка компоненту суміші, об'ємна частка компоненту суміші.

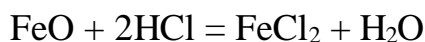
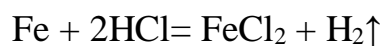
Для розв'язку задач такого типу необхідно знати хімічні властивості класів неорганічних і органічних сполук.

Задача 1. При дії на 10 г суміші заліза і ферум (II) оксиду хлоридної кислоти виділилося 2,24 л газу. Визначте масову частку (%) заліза в суміші.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
m (суміші) = 10 г	V_M (газу) = 22,4 л/моль
V (газу) = 2,24 л	M (Fe) = 56 г/моль.
m (Fe) – ?	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічних реакцій, що відбуваються:



Як бачимо з рівнянь водень виділяється лише в результаті взаємодії заліза з кислотою.

Крок 2. Обчислюємо масу заліза, що вступило в реакцію.

Варіант 1. Обчислення за кількістю речовини.

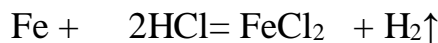
а) Обчислюємо кількість речовини водню, що виділився за формулою:

$$n = \frac{V}{V_M}$$

$$n(\text{H}_2) = 2,24 / 22,4 = 0,1 \text{ (моль)}.$$

б) Обчислюємо кількість речовини заліза, що вступило в реакцію.

Співвідношення кількості речовини водню і заліза за рівнянням хімічної реакції становить:



$$n(\text{H}_2) : n(\text{Fe}) = 1 : 1.$$

Отже, кількість речовини заліза дорівнює кількості водню, а саме – 0,1 моль.

в) Обчислюємо масу заліза, що вступило в реакцію за формулою:

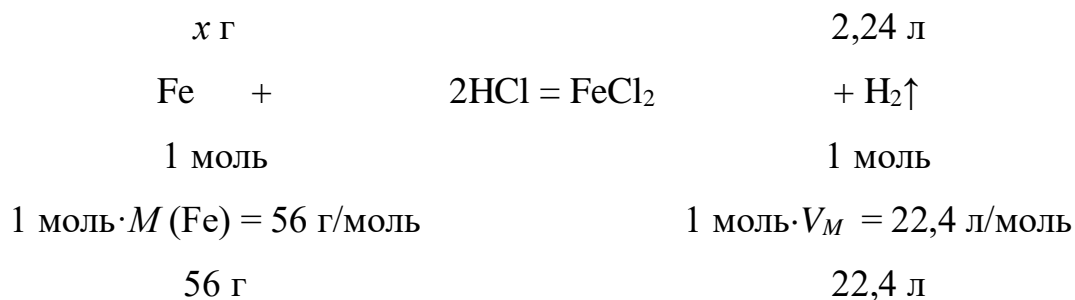
$$n = m / M,$$

$$m = n \cdot M.$$

$$m(\text{Fe}) = 0,1 \cdot 56 = 5,6 \text{ (г)}.$$

Варіант II. Обчислення за пропорцією.

а) Записуємо рівняння реакції і зазначаємо дані з умови задачі над рівнянням, а кількість речовини, і відповідно молярну масу і молярний об'єм під рівнянням:



б) Складаємо пропорцію за рівнянням реакції і обчислюємо масу заліза, що вступило в реакцію:

$$x \text{ г} / 56 \text{ г} = 2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л}$$

$$x = 56 \cdot 2,24 / 22,4 = 5,6 \text{ (г)}$$

Крок 3. Обчислюємо масову частку (%) заліза в суміші.

За формулою:

$$\omega(\text{компонента}) = m(\text{компонента}) / m(\text{суміші})$$

$$\omega(\text{Fe}) = 5,6 / 10 = 0,56 \text{ (56\%)}$$

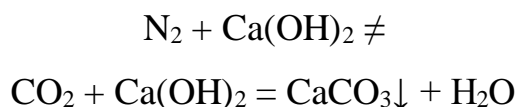
Відповідь: 56 %.

Задача 2. При згорянні аміну утворилася суміш азоту і вуглекислого газу об'ємом 14 л. Дану суміш пропустили крізь вапняну воду. В результаті виділився осад масою 50 г. Обчисліть об'єм вуглекислого газу в суміші.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{осаду}) = 50 \text{ г}$	$V_M(\text{газу}) = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{N}_2, \text{CO}_2) = 12,32 \text{ л}$	$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$
$\varphi(\text{CO}_2) = ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння можливих хімічних реакцій:



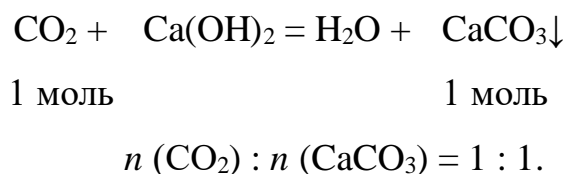
Як бачимо, у реакцію з вапняною водою вступає лише вуглекислий газ.

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини кальцій карбонату, що утворився.

За формулою:

$$\begin{aligned} n &= m / M. \\ n (\text{CaCO}_3) &= 50 / 100 = 0,5 \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини вуглекислого газу, що вступив в реакцію. Співвідношення кількості речовини газу і кальцій карбонату за рівнянням хімічної реакції становить:



Отже, кількість речовини заліза дорівнює кількості водню, а саме – 0,5 моль.

Крок 4. Обчислюємо об'єм газу, що вступив у реакцію за формулою:

$$\begin{aligned} n &= V / V_M, \\ V &= n \cdot V_M. \end{aligned}$$

$$V (\text{CO}_2) = 0,5 \cdot 22,4 = 11,2 \text{ (л)}.$$

Відповідь: 11,2 л.

Заняття 15. ОБЧИСЛЕННЯ КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ СУМІШЕЙ ЗА РІВНЯННЯМИ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ (ЯКЩО ВСІ КОМПОНЕНТИ БЕРУТЬ УЧАСТЬ В ХІМІЧНОМУ ПРОЦЕСІ)

Основні поняття: суміш, масова частка компоненту суміші, об'ємна частка компоненту суміші.

Задача 1. При дії на суміш алюмінію і заліза масою 22 г надлишком соляної кислоти виділилося 17,92 л газу (н.у.). Визначте маси (г) металів у суміші.

Дано:	Допоміжні дані
m (суміші) = 22 г	$M(\text{Al}) = 27$ г/моль
V (газу) = 17,92 л	$M(\text{Fe}) = 56$ г/моль
m (Fe) – ?	
m (Al) – ?	

Розв'язання

У даній задачі взаємодію вступають обидва метали і газ водень виділяється в обох реакціях. Такі задачі зручно розв'язувати за допомогою системи рівнянь, прийнявши за x - кількість речовини одного з металів, а за y - число моль другого.

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини водню, що виділився у результаті взаємодії суміші металів з кислотою.

За формулою:

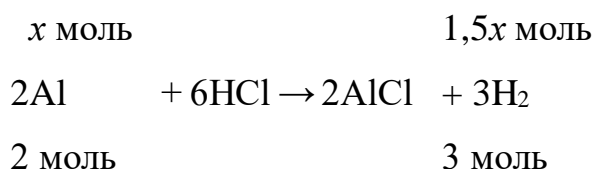
$$n = \frac{V}{V_M}$$

$$n(\text{H}_2) = 17,92 / 22,4 = 0,8 \text{ (моль)}.$$

Нехай кількість речовини алюмінію становить – x моль, а заліза – y моль.

Крок 2. Виражаємо кількість речовини водню, що виділився взаємодії алюмінію з кислотою.

За рівнянням реакції:



Виходячи з відношення кількості речовини алюмінію і водню:

$$n(\text{Al}) : n(\text{H}_2) = 2 : 3 = 1 : 1,5;$$

x моль металу відповідає $1,5x$ моль газу.

Крок 3. Виражаємо кількість речовини водню, що виділився в результаті взаємодії заліза з кислотою.

$$x = 0,6/1,5$$

$$x = 0,4 \text{ моль (Al).}$$

Крок 7. Обчислюємо маси металів у суміші:

$$m(\text{Al}) = 27x = 27 \cdot 0,4 = 10,8 \text{ (г),}$$

$$m(\text{Fe}) = 56y = 56 \cdot 0,2 = 11,2 \text{ (г).}$$

Відповідь: $m(\text{Al}) = 10,8 \text{ г}$, $m(\text{Fe}) = 11,2 \text{ г}$.

Задача 2. Доломіт – мінерал, що складається з карбонатів Кальцію і Магнію широко застосовується у будівельній промисловості. Для проходження повної реакції на доломіт масою 73 г необхідно подіяти хлоридною кислотою, що містить г HCl. Обчисліть маси (г) карбонатів в доломіті.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{суміші}) = 82 \text{ г}$	$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$
$m(\text{HCl}) = 65,7 \text{ г}$	$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{CaCO}_3) = ?$	$M(\text{MgCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{MgCO}_3) = ?$	

Розв'язання

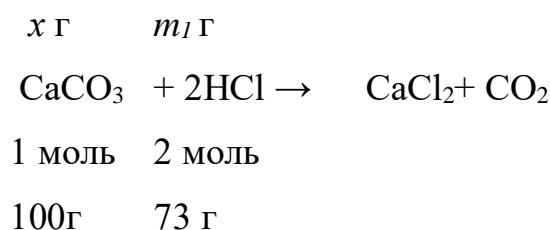
У даній задачі у взаємодію вступають і магній карбонат і кальцій карбонат.

Крок 1. Позначаємо невідоме.

Нехай маса кальцій карбонату становить – x г, а магній карбонату – y г.

Крок 2. Виражаємо кількість речовини кислоти, що необхідно для взаємодії з кальцій карбонатом.

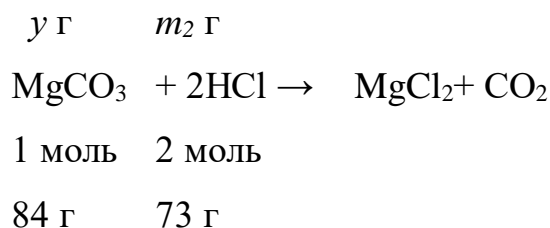
За рівнянням реакції:



Виходячи з відношення: $m_1(\text{HCl}) = 73x/100 = 0,73x \text{ (г)}$.

Крок 3. Виражаємо кількість речовини кислоти, що необхідно для взаємодії з магній карбонатом.

За рівнянням реакції:



Виходячи з відношення: $m_2(\text{HCl}) = 73y/84 \approx 0,87y$ (г),

Крок 4. Складаємо перше рівняння в системі.

Кількість речовини HCl, що вступив в реакцію з карбонатами:

$$0,73x + 0,87y = 65,7 \text{ (г)}.$$

Крок 5. Складаємо друге рівняння в системі.

Маса суміші: $x + y = 82$ (г).

Крок 6. Складаємо систему рівнянь і розв'язуємо її.

$$\begin{cases} x + y = 82 \\ 0,73x + 0,87y = 65,7 \end{cases} \left| \begin{array}{l} 0,73 \\ - \end{array} \right. \begin{array}{l} 0,73 \\ 0,14 \end{array}$$

$$\begin{cases} 0,73x + 0,73y = 59,86 \\ 0,73x + 0,87y = 65,7 \end{cases}$$

$$0,14x = 5,84$$

$$x = 41,7 \approx 42 \text{ (г)} \text{ (MgCO}_3\text{)}.$$

Крок 7. Обчислюємо масу кальцій карбонату в суміші.

$$m(\text{CaCO}_3) = 82 - 42 = 40 \text{ (г)},$$

Відповідь: $m(\text{CaCO}_3) = 40$ г, $m(\text{MgCO}_3) = 42$ г.

Заняття 16. ОБЧИСЛЕННЯ КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ СУМІШЕЙ ЗА РІВНЯННЯМИ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ (ЯКЩО ВСІ КОМПОНЕНТИ БЕРУТЬ УЧАСТЬ В ХІМІЧНОМУ ПРОЦЕСІ)

Основні поняття: суміш, масова частка компонента суміші, об'ємна частка компонента суміші.

Задача 1. Суміш етину з етеном (н.у.) об'ємом 1,12 л у темряві повністю прореагувала з 3,82 мл бромом ($\rho = 3,14$ г / мл). Обчисліть об'ємні частки (у відсотках) газів у суміші.

Дано:	Допоміжні дані
V (суміші) = 1,12 л	M (Br_2) = 160 г/моль
V (Br_2) = 3,82 мл	
ρ (Br_2) = 3,14 г / мл	
Знайти:	
φ (C_2H_4) – ?	
φ (C_2H_2) – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини газової суміші за формулою:

$$n \text{ (сум.)} = V / V_M$$

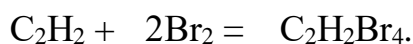
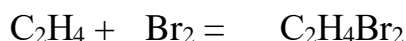
$$n \text{ (сум.)} = 1,12 / 22,4 = 0,05 \text{ моль,}$$

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини бромом за формулою:

$$n = \frac{\rho \cdot V}{M}$$

$$n \text{ (Br}_2\text{)} = 3,82 \cdot 3,14 / 160 = 0,075 \text{ моль.}$$

Крок 3. Із бромом реагують обидва компоненти суміші (вони є ненасиченими вуглеводнями). Складаємо рівняння реакцій:



Крок 4. Обчислюємо кількість речовини кожного з газів у суміші. Позначимо кількість речовини етену через x моль, а кількість речовини етину через y моль. Установимо кількість речовини бромом, що взяв участь в обох реакціях. Із хімічних рівнянь реакцій бачимо, що кількість речовини бромом, що реагує, в першому випадку становитиме x моль ($n \text{ (Br}_2\text{)} : n \text{ (C}_2\text{H}_4\text{)} = 1 : 1$), а в другому — $2y$ моль ($n \text{ (Br}_2\text{)} : n \text{ (C}_2\text{H}_2\text{)} = 2:1$).

Складаємо систему рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} x + y = 0,05 \\ 44x + 2y = 0,075 \end{cases}$$

Розв'язавши її, маємо:

$$x = 0,025 \text{ (моль)}; y = 0,025 \text{ (моль)}.$$

Крок 5. Обчислюємо об'єм кожного з газів у суміші за формулою:

$$V = n \cdot V_M. V_M = 22,4 \text{ л/моль.}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,025 \cdot 22,4 = 0,56 \text{ (л)};$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,025 \cdot 22,4 = 0,56 \text{ (л)}.$$

Крок 6. Обчислюємо об'ємні частки кожного з газів у суміші за формулою:

$$\varphi \text{ (компонента)} = V \text{ (компонента)} / V \text{ (суміші)}.$$

Виходячи з того, що об'єм газів у суміші однаковий, то і об'ємні частки їх будуть однаковими:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 1,12 / 0,56 = 0,5 \text{ (50\%)}.$$

Відповідь: $\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 50\%$, $\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 50\%$.

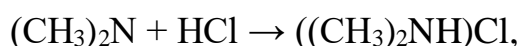
Задача 2. Суміш диметиламіну і аніліну масою 16,15 г обробили хлоридною кислотою 80,3 мл ($\omega = 10\%$, $\rho = 1,07 \text{ г / мл}$). Для нейтралізації залишків кислоти до суміші потрібно додати 2,02 г триетиламіну. Обчисліть масові частки (у відсотках) компонентів у суміші диметиламіну і аніліну.

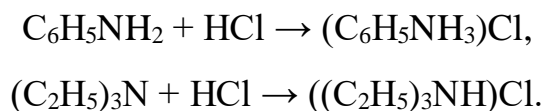
Розв'язання

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m \text{ (суміші)} = 16,15 \text{ г}$	$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$
$V(\text{HCl}) = 80,3 \text{ мл}$	$M((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}) = 101 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{HCl}) = 10\% = 0,1$	$M((\text{CH}_3)_2\text{N}) = 44 \text{ г/моль}$
$\rho(\text{HCl}) = 1,07 \text{ г / мл}$	$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ г/моль}$
$\omega((\text{CH}_3)_2\text{N}) - ?$	
$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Складаємо рівняння реакцій:





Крок 2. Обчислюємо масу хлоридної кислоти: $m = \rho \cdot V$;

$$m (\text{кислоти}) = 1,08 \cdot 74,4 = 80,277 \approx 80,3 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо масу гідроген хлориду в хлоридній кислоті:

$$m (\text{X}) = \omega (\text{X}) \cdot m;$$

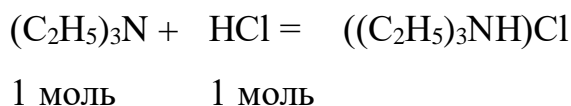
$$m (\text{HCl}) = 0,1 \cdot 80,3 = 8,03 \text{ (г)}.$$

Крок 4. Обчислюємо кількості речовин сполук, що вступили в реакції за формулою: $n = m / M$;

$$n (\text{HCl}) = 8,03 : 36,5 = 0,22 \text{ (моль)};$$

$$n ((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}) = 2,02 : 101 = 0,02 \text{ (моль)}.$$

Крок 5. Обчислюємо кількість речовини гідроген хлориду, що затратили на взаємодію з триетиламіном і сумішшю.



За рівнянням: $n ((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}) : n (\text{HCl}) = 1:1$.

Звідси кількість речовини гідроген хлориду, що вступив у реакцію з триетиламіном становить:

$$n (\text{HCl}) = n ((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}) = 0,02 \text{ (моль)}.$$

Кількість речовини гідроген хлориду, що вступила в реакцію з сумішшю дорівнює:

$$n (\text{HCl}) = 0,22 - 0,02 = 0,2 \text{ (моль)}.$$

Крок 6. Обчислюємо кількість речовини компонентів суміші, позначивши $n ((\text{CH}_3)_2\text{N})$ через x , а $n (\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2)$ – через y .

Сума кількостей речовини амінів у суміші чисельно дорівнює кількості гідроген хлориду, що вступив у реакцію з амінами, тобто 0,2 моль:

$$x + y = 0,2 \text{ (моль)}.$$

Маса амінів у суміші дорівнює:

$$44x + 93y = 16,15 \text{ (г)}$$

Складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} x + y = 0,2 \\ 44x + 93y = 16,15 \end{cases}$$

Розв'язавши систему рівнянь, отримуємо:

$$x = 0,05 \text{ моль, } y = 0,15 \text{ моль.}$$

Крок 7. Обчислюємо масові частки амінів у суміші.

$$m((\text{CH}_3)_2\text{N}) = n \cdot M = 0,05 \cdot 44 = 2,2 \text{ (г);}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = n \cdot M = 0,15 \cdot 93 = 13,95 \text{ (г);}$$

$$\omega(\text{X}) = m(\text{X}) / m;$$

$$\omega((\text{CH}_3)_2\text{N}) = 2,2 : 16,15 = 0,1362 \approx 0,136 \text{ (13,6\%);}$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 13,95 : 16,15 = 0,8638 \approx 0,864 \text{ (86,4\%).}$$

Відповідь: $\omega((\text{CH}_3)_2\text{N}) = 13,6\%$; $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 86,4\%$.

**Заняття 17. ОБЧИСЛЕННЯ ЗА ХІМІЧНИМИ РІВНЯННЯМИ
КІЛЬКОСТІ РЕЧОВИНИ, МАСИ АБО ОБ'ЄМУ ЗА КІЛЬКІСТЮ
РЕЧОВИНИ, МАСОЮ АБО ОБ'ЄМОМ РЕАГЕНТУ, ЩО МІСТИТЬ
ПЕВНУ ЧАСТКУ ДОМІШОК**

Основні поняття: масова частка речовини, кількість речовини.

Задача 1. Етиленгліколь є складником засобів для миття скла. Обчисліть об'єм (у літрах) етилену, що необхідний для отримання 500 г засобу, що містить 30% етиленгліколю.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{суміші}) = 500 \text{ г}$	$M(\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2) = 62 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{етиленгліколю}) = 30\%$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{C}_2\text{H}_4) \text{ — ?}$	

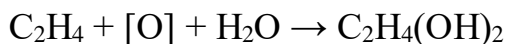
Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо чисту речовину етилену в суміші.

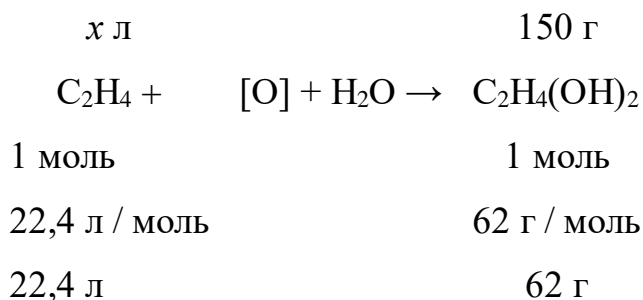
За формулою: $m(\text{X}) = \omega(\text{X}) \cdot m$.

$$m(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ (г)}$$

Крок 2. Складаємо схему синтезу етиленгліколю:



Крок 3. Обчислюємо об'єм етилену.



$$x = \frac{150 \cdot 22,4}{62} = 54,19 \approx 54 \text{ (л)}$$

Відповідь: 54 л.

Задача 2. На Запорізький металургійний комбінат було доставлено 384 т бурого залізняку (Fe_2O_3), що містить 40% пустої породи. Яку масу (т) чистого заліза можна отримати з даної руди при відновленні її коксом?

Дано:	Допоміжні дані
m (руди) = 384 т	M (Fe_2O_3) = 160 г/моль.
ω (породи) = 40% = 0,4	M (Ag) = 108 г/моль
m (Fe) – ?	1 т = $1 \cdot 10^6$ г

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу чистого ферум (III) оксиду.

Вся руда складає 100%. Пуста порода – 40%. Отже, відсоток чистої речовини становить:

$$100\% - 40\% = 60\%.$$

Крок 2. Розраховуємо масу чистої речовини в руді за формулою:

$$\omega(\text{X}) = m(\text{X}) / m,$$

$$m(\text{X}) = \omega(\text{X}) \cdot m.$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,6 \cdot 384 = 230,4 \text{ (т)} = 230,4 \cdot 10^6 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини Fe_2O_3 , що відповідають 230,4 т за формулою: $n = m / M$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 56 + 3 \cdot 16 = 160 \text{ г/моль.}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 230,4 \cdot 10^6 / 160 = 1,44 \cdot 10^6 \text{ (моль).}$$

Крок 4. Записуємо рівняння хімічного процесу відновлення оксиду коксом і встановлюємо співвідношення кількості речовини ферум (III) оксиду і заліза:

$$1,44 \cdot 10^6 \text{ моль} \qquad \qquad \qquad x \text{ моль}$$



$$2 \text{ моль} \qquad \qquad \qquad 4 \text{ моль}$$

$$x = 1,44 \cdot 10^6 \cdot 4 / 2 = 2,88 \cdot 10^6 \text{ (моль).}$$

Крок 5. Обчислюємо масу заліза за формулою $m = M \cdot n$

$$m = 56 \cdot 2,88 \cdot 10^6 = 161,28 \cdot 10^6 \text{ (г)} = 161,28 \text{ (т).}$$

Відповідь: 161,28 т.

11 клас

Заняття 1. СПОСОБИ ВИРАЖЕННЯ СКЛАДУ РОЗЧИНІВ. МАСОВА ЧАСТКА РОЗЧИНЕНОЇ РЕЧОВИНИ В РОЗЧИНІ. ОБЧИСЛЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ АБО МАСИ РОЗЧИНЕНОЇ РЕЧОВИНИ В РОЗЧИНІ

Основні поняття: розчин, розчинник, розчинена речовина, концентрація, маса розчину, масова частка розчиненої речовини.

Розчин – система (суміш), що складається з розчинника і розчиненої речовини.

Розчинник – компонент суміші (уміст якого в суміші більший), в якому розчиняються речовини.

Розчинена речовина – компонент суміші (уміст якого в суміші менший), який розчиняють у розчиннику.

Концентрація (частка компонента суміші) – це величина, що кількісно характеризує уміст компонента щодо всієї суміші.

Маса розчину дорівнює сумі мас розчиненої речовини і розчинника:

$$m = m(X) + m(\text{роз-ка}).$$

Масова частка розчиненої речовини (ω) – це відношення маси розчиненої речовини до маси усього розчину. Як правило виражається в частках одиниці або у відсотках (для вираження масової частки у відсотках треба помножити це відношення на 100%). Обчислюється за формулою:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m}$$

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m} \cdot 100\%$$

де: $\omega(X)$ — масова частка розчиненої речовини;

$m(X)$ — маса розчиненої речовини;

m — маса розчину.

Із даної формули випливає:

$$m(X) = \omega(X) \cdot m;$$

$$m = \frac{m(X)}{\omega(X)}$$

Задача 1. Під час заготівлі овочів необхідно приготувати маринад, у якому міститься 1 столова ложка солі (30 г) на 1 л води. Яка масова частка кухонної солі в маринаді (у відсотках)?

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{реч.}) = 30 \text{ г}$	$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл}$
$V(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ л}$	
$\omega - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу маринаду.

$$m(X) = \rho(X) \cdot V(X);$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ (г)}.$$

$$m(\text{маринаду}) = m(\text{солі}) + m(\text{води})$$

$$m (\text{маринаду}) = 30 + 1000 = 1030 (\text{г}).$$

Крок 2. Обчислюємо масову частку солі в розчині за формулою:

$$\omega (X) = m (X) / m.$$

$$\omega = 30 / 1000 = 0,03, \text{ або } 3\%.$$

Відповідь: 3 %.

Задача 2. Для промивання рани і зупинення кровотечі застосовують водний розчин гідроген пероксиду (перекису водню). Його можна приготувати з таблеток гідропериту, під час розчинення якого виділяється гідроген пероксид. Обчисліть масу розчину і масу розчинника (води), якщо відомо, що маса гідропериту в таблетці становить 1,5 г, а масова частка розчиненої речовини в розчині – 3%.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m (X) = 1,5 \text{ г}$	
$\omega = 3\%$	
$m - ?$	
$m (\text{H}_2\text{O}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу розчину.

З формули $\omega (\text{реч.}) = m (\text{реч.}) / m (\text{роз-ну})$ випливає, що маса розчину становить:

$$m = \frac{m (X)}{\omega (X)}$$

$$m = 1,5 / 0,03 = 50 (\text{г}).$$

Крок 2. Обчислюємо масу розчинника.

З формули $m = m (X) + m (\text{роз-ка})$ випливає, що маса розчинника становить:

$$m (\text{H}_2\text{O}) = m - m (X).$$

$$m (\text{H}_2\text{O}) = 50 - 1,5 = 48,5 (\text{г}).$$

Відповідь: маса розчину – 50 г, маса води – 48,5 г.

Задача 3. Септична (протимікробна) дія фенолу виявляється, якщо його концентрація у воді перевищує 1 г/л. Дж. Лістер уперше застосував фенол як

антисептик в хірургії у вигляді 5%-вого розчину (карболки). Обчисліть, скільки фенолу (в грамах) і води (в мілілітрах) треба взяти для приготування 250 г розчину даної концентрації.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m = 250 \text{ г}$	Фенол – розчинена речовина;
$\omega = 5\% = 0,05$	Вода – розчинник
$m(X) - ?$	$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл}$
$V - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу фенолу.

Обчислюємо масу розчиненої речовини (фенолу) за формулою:

$$m(X) = \frac{\omega(X) \cdot m}{100\%}$$

$$m(\text{фенолу}) = 5 \cdot 250/100 = 12,5 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо масу розчинника.

Розчин складається з розчинника і розчиненої речовини. Для обчислення маси розчинника (H_2O) необхідно від маси розчину відняти масу розчиненої речовини:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m - m(X) = 250 - 12,5 = 237,5 \text{ (г)}.$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 237,5 \text{ мл}.$$

Відповідь: об'єм води – 237,5 мл; маса фенолу – 12,5 г.

Заняття 2. МОЛЯРНА КОНЦЕНТРАЦІЯ РЕЧОВИНИ В РОЗЧИНІ. ОБЧИСЛЕННЯ МОЛЯРНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНЕНОЇ РЕЧОВИНИ В РОЗЧИНІ

Основні поняття: розчин, розчинена речовина, кількість речовини, молярна концентрація.

Розчин – система (суміш), що складається з розчинника і розчиненої речовини.

Кількість речовини (n) – фізична величина, що характеризує кількість структурних одиниць (атомів, йонів, молекул), що містяться в речовині. Вимірюється в молях. В 1 моль речовини міститься $6,02214076 \cdot 10^{23}$ структурних часток. Дане число називається числом Авогадро (N_A).

Молярна концентрація речовини (молярність) – це кількість речовини (число молей) розчиненої речовини в одиниці об'єму розчину. Молярна концентрація в системі СІ вимірюється в моль/м³, однак на практиці її частіше виражають в моль/л або ммоль/л. Можливо інше позначення молярної концентрації — М. Наприклад, розчин з концентрацією 0,1 моль/л називають 0,1-молярним і записують «0,1 М». За ІЮПАК позначається c_B , після числа пишуть «моль», не відмінюючи за відмінками. Обчислюється за формулою:

$$c_B = \frac{n_B}{V},$$

де: n_B – кількість речовини розчиненої речовини, моль;
 V – загальний об'єм розчину, л.

Задача 1. Яку кількість речовини сульфатної кислоти необхідно взяти для приготування 0,5 л 1 М розчину?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
V (роз-ну) = 0,5 л	
C (роз-ну) = 1 М	
n (H ₂ SO ₄) – ?	

Розв'язання

Обчислюємо кількість речовини натрій хлориду за формулою:

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

звідки: $n_B = c_B \cdot V$.

1 М = 1 моль/л.

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ (моль)}.$$

Відповідь: 0,5 моль.

Задача 2. Обчисліть масу сульфатної кислоти, необхідну для приготування 4 М розчину.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
V (роз-ну) = 0,5 л	M (H ₂ SO ₄) = 98 г/моль;
C (роз-ну) = 4 М	
n (H ₂ SO ₄) – ?	

Розв'язання

Оскільки маса (об'єм) розчину в умові задачі не вказано, розрахунки проводимо для розчину об'ємом 1 л. 4 М = 4 моль /л;

$$m = n \cdot M;$$

$$m$$
 (H₂SO₄) = 4 · 98 = 392 (г).

Відповідь: 392 г.

Задача 3. Обчисліть молярну концентрацію 500 мл розчину з масовою часткою NaOH натрій гідроксиду 10% ($\rho = 1,11$ г/см³).

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
V (роз-ну) = 500 мл = 0,5 л	M (NaOH) = 40 г/моль
ω (роз-ну) = 10% = 0,1	
$\rho = 1,11$ г/см ³	
n (NaOH) – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу розчину.

За формулою:

$$\rho = m / V, m = \rho \cdot V;$$

$$m = 1,11 \cdot 500 = 555$$
 (г).

Крок 2. Обчислюємо масу натрій гідроксиду в розчині.

За формулою:

$$\omega$$
 (X) = m (X) / m ;

$$m$$
 (X) = ω (X) · m .

$$m$$
 (HCl) = 0,1 / 524,5 = 52,45 (г).

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини натрій гідроксиду.

За формулою:

$$n = m / M,$$

$$n (\text{NaOH}) = 52,45 / 36,5 = 1,4369 \approx 1,4 \text{ (моль)}.$$

Крок 4. Обчислюємо молярну концентрацію розчину.

За формулою:

$$c_{\text{в}} = \frac{n_{\text{в}}}{V}$$

$$c = 1,4 / 0,5 = 0,7 \text{ М}$$

Відповідь: 0,7 М.

Заняття 3, 4. РОЗРАХУНКИ, ПОВ'ЯЗАНІ ЗІ ЗМІНОЮ СКЛАДУ РОЗЧИНУ.

Основні поняття: розчин, розчинена речовина, маса розчину, маса розчиненої речовини, масова частка розчиненої речовини.

Розчин – система (суміш), що складається з розчинника і розчиненої речовини.

Розчинник – компонент суміші (уліт якого в суміші більший), в якому розчиняються речовини.

Розчинена речовина – компонент суміші (уліт якого в суміші менший), який розчиняють у розчиннику.

Маса розчину дорівнює сумі мас розчиненої речовини і розчинника:

$$m (\text{роз-ну}) = m (\text{реч.}) + m (\text{роз-ка}).$$

Масова частка розчиненої речовини (ω) – це відношення маси розчиненої речовини до маси усього розчину. Обчислюється за формулою:

$$\omega (X) = \frac{m (X)}{m} \cdot 100\%$$

Задача 1. Найпоширеніша форма випуску формаліну (вихідного розчину) – це суміш ($\rho = 1,11 \text{ г / мл}$), що містить 40% формальдегіду, 8% метилового

спирту і 52% води. У медичних цілях (наприклад, у разі гіпергідрозу – підвищеній пітливості) використовують 2% водний розчин формаліну ($\rho = 1,00$ г/мл). Обчисліть об'єм води (у мілілітрах), що необхідно додати до вихідного розчину формаліну, щоб добути 200 мл 2% розчину. Концентрацію розчину формаліну обчислюють, виходячи з фактичного вмісту формальдегіду в ньому.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
V (роз-ну) = 200 мл	ρ (води) = 1,00 г/мл
$\omega_1 = 40\% = 0,4$	
$\omega_2 = 2\% = 0,02$	
ρ (роз-ну) = 1,11 г/мл	
V (роз-ка) – ?	

Розв'язання

Під час розбавлення (добавляння розчинника) змінюється маса розчину, а маса розчиненої речовини залишається без змін.

Крок 1. Обчислюємо масу розчину формаліну, що його необхідно добути.

З формули $\rho = m / V$, випливає, що маса розчину становить:

$$m = \rho \cdot V;$$

$$m \text{ (роз-ну)}_2 = 1,00 \cdot 200 = 200 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Розраховуємо масу формальдегіду в добутому розчині.

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m}$$

З формули $\omega(X) = \frac{m(X)}{m}$, випливає, що маса розчиненої речовини становить:

$$m(X) = \omega(X) \cdot m.$$

$$m \text{ (формальдегіду)} = 0,02 \cdot 200 = 4 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо масу вихідного розчину формаліну за формулою:

$$m = m(X) / \omega(X);$$

$$m_1 = 4 / 0,4 = 10 \text{ (г)}.$$

Крок 4. Обчислюємо масу води, що її необхідно додати для отримання розведеного розчину, за різницею мас розчинів:

$$m(\text{води}) = m(\text{роз-ну})_2 - m(\text{роз-ну})_1.$$

$$m(\text{води}) = 200 - 10 = 190 \text{ (г)}.$$

Відповідь: 190 г.

Задача 2. Після випарювання 600 г розчину з масовою часткою солі 15% маса розчину становить 250 г. Обчисліть масову частку (%) утвореного розчину.

Дано:

$$m(\text{роз-ну})_1 = 600 \text{ г}$$

$$\omega_1 = 15\% = 0,15$$

$$m(\text{роз-ну})_2 = 250 \text{ г}$$

$$\omega_2 = ?$$

Розв'язання

Маса розчиненої речовини під час випарювання не змінюється, а змінюється маса розчину.

Крок 1. Обчислюємо масу розчиненої речовини у розчині до випарювання.

Обчислюємо масу розчиненої речовини у 600 г розчину з масовою часткою 15% за формулою: $m(X) = \omega(X) \cdot m$.

$$m(X) = 0,15 \cdot 600 = 90 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо масову частку утвореного розчину:

$$\omega(X) = m(X) / m.$$

$$\omega(\text{солі}) = 90 : 250 = 0,36, \text{ або } 36\%.$$

Відповідь: 36%.

Задача 3. Обчисліть масову частку розчину, що утворився після злиття 100 г розчину ($\omega = 5\%$) і 200 г розчину ($\omega = 20\%$).

Дано:

$$m_1 = 100 \text{ г}$$

$$\omega_1 = 5\% = 0,05$$

$$m_2 = 200 \text{ г}$$

$$\omega_2 = 20\% = 0,2$$

$$\omega_3 = ?$$

Розв'язання

Унаслідок злиття розчинів різної концентрації змінюються маса розчиненої речовини і маса розчину.

Крок 1. Обчислюємо масу розчиненої речовини у 100 г розчину з масовою часткою 5%.

За формулою:

$$m(X) = \omega(X) \cdot m$$

$$m(X)_1 = 0,05 \cdot 100 = 5 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо масу розчиненої речовини у 200 г розчину з масовою часткою 20%:

$$m(X)_2 = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо масу речовини в утвореному розчині.

Маса речовини в новому розчині скрадатиметься із суми мас розчинених речовин у першому і другому розчинах:

$$m(X)_3 = m(X)_1 + m(X)_2;$$

$$m(X)_3 = 5 + 40 = 45 \text{ (г)}.$$

Крок 4. Обчислюємо масу утвореного розчину.

Маса нового розчину скрадатиметься із суми мас розчинів:

$$m_3 = m_1 + m_2.$$

$$m_3 = 100 + 200 = 300 \text{ (г)}.$$

Крок 5. Обчислюємо масову частку нового розчину за формулою:

$$\omega(X) = \frac{m(X)}{m}$$

$$\omega = 45/300 = 0,15 \text{ (15\%)}.$$

Відповідь: $\omega = 15\%$.

Задача 4. У садівництві для обробки винограду застосовують розчин ферум (II) сульфату. Обчисліть масову частку 10 л розчину ($\rho = 1,0$ г/мл), якщо для його добування використали 500 г залізного купоросу ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$V = 10 \text{ л}$	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
$m(\text{FeSO}_4)_1 = 500 \text{ г}$	$M(\text{FeSO}_4) = 152 \text{ г/моль}$
$\rho = 1,0 \text{ г/мл}$	$M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278 \text{ г/моль}$
$\omega - ?$	

Розв'язання

Під час розв'язку задач на кристалогідрати необхідно враховувати воду, що входить до складу їхніх молекул.

Крок 1. Обчислюємо масу розчину.

Із формули $\rho = m / V$ випливає, що маса розчину становить:

$$m = \rho \cdot V;$$

$$m = 1,0 \cdot 10000 = 10000 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо масу ферум (II) сульфату в 500 г залізного купоросу.

Складаємо пропорцію:

$$152 \text{ г/моль FeSO}_4 - 278 \text{ г/моль FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

$$x \text{ г FeSO}_4 - 500 \text{ г FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

$$x = 500 \cdot 152 / 278 = 273,38 \approx 273 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо масову частку розчину за формулою:

$$\omega(X) = m(X) / m$$

$$\omega(\text{FeSO}_4) = 273 / 10000 = 0,027, \text{ або } 2,73\%.$$

Відповідь: 2,73%.

Заняття 5. ОБЧИСЛЕННЯ РОЗЧИННОСТІ РЕЧОВИНИ. ОБЧИСЛЕННЯ СТУПЕНЯ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ ДИСОЦІАЦІЇ РЕЧОВИНИ.

Основні поняття: розчинність, ступінь дисоціації.

Розчинність – це здатність речовини утворювати з іншими речовинами гомогенні системи — розчини. Кількісно розчинність характеризується

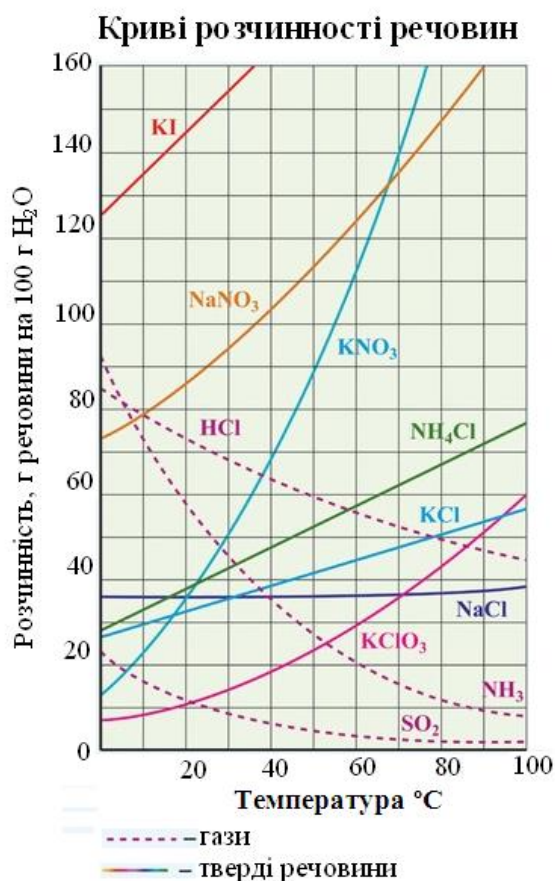
коефіцієнтом розчинності ($K_{\text{розч}}$) – відношенням маси речовини, що за даної температури утворює насичений розчин, до об'єму розчинника.

Насичений розчин – це розчин, в якому досягнуто максимальної концентрації розчиненої речовини за даних умов (тобто неможливо розчинити більше речовину).

Ненасичений розчин – це розчин, у якому за даних умов (температурі і тиску) ще можна розчинити додаткову кількість речовини.

Якщо розчинником є вода (густина $\rho = 1$ г/мл), то *коефіцієнт розчинності* ($K_{\text{розч}}$) – це відношення маси розчиненої речовини, що за даної температури утворює насичений розчин, до маси розчинника (води).

Залежність розчинності речовин від температури показано на кривих розчинності.



Обчислюється за формулою:

$$\alpha = \frac{n}{N} \quad \text{або} \quad \alpha = \frac{n}{N} \cdot 100\%$$

де n – число дисоційованих на йони молекул;

N – загальна кількість молекул речовини в розчині.

За ступенем дисоціації електроліти поділяються на:

сильні електроліти – $\alpha > 0,3$, або 30%;

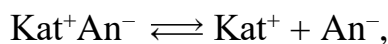
електроліти середньої сили – $3\% < \alpha < 30\%$;

слабкі електроліти – $\alpha < 3\%$.

Ступінь дисоціації (α) – це відношення числа молекул, що розпалися на йони (n) до загального числа молекул даної речовини (N).

Константа дисоціації – це константа рівноваги процесу дисоціації електроліту.

Для рівняння реакції дисоціації сполуки:



константа дисоціації дорівнюватиме:

$$K_{\text{д}} = \frac{[\text{Kat}^+][\text{An}^-]}{[\text{KatAn}]}$$

Константу дисоціації слабких електролітів можна обчислити за формулою:

$$K_{\text{д}} = \alpha^2 \cdot c_{\text{в}},$$

де $K_{\text{д}}$ – константа дисоціації;

α – ступінь дисоціації;

$c_{\text{в}}$ – молярна концентрація розчину.

Звідки ступінь дисоціації:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{д}}}{c_{\text{в}}}}$$

Число йонів у розчині слабого електроліту можна обчислити за формулою:

$$C_{\pm} = \alpha \cdot c_{\text{в}} = \sqrt{K_{\text{д}} \cdot c_{\text{в}}}, \text{ моль/л,}$$

де C_{\pm} – число катіонів, або аніонів;

α – ступінь дисоціації;

$K_{\text{д}}$ – константа дисоціації;

$c_{\text{в}}$ – молярна концентрація розчину.

Концентрацію йонів у розчині сильного електроліту можна розрахувати за формулою:

$$C_{\pm} = n \cdot \alpha \cdot c_B,$$

де n – число йонів даного виду, на які розпадається одна молекула;

α – ступінь дисоціації речовини;

c_B – молярна концентрація речовини в розчині.

Задача 1. Встановіть, чи буде насиченим розчин, якщо у 200 г води за температури 80 °С розчинити 80 г амоній хлориду. Користуйтеся кривими розчинності.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{NH}_4\text{Cl})_1 = 80 \text{ г}$	$K_{\text{розч}}(\text{NH}_4\text{Cl})$ при $t = 50 \text{ }^\circ\text{C} - 67$
$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г}$	
$m(\text{NH}_4\text{Cl})_2 - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу речовини, що її можна розчинити в 200 г води за даної температури.

Складаємо пропорцію, виходячи з визначення поняття *розчинність*:

$$67 \text{ г NH}_4\text{Cl} - 100 \text{ г H}_2\text{O}$$

$$x \text{ г} - 200 \text{ г}$$

$$x = 200 \cdot 67 / 100 = 134 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Порівнюємо маси.

За розрахунками, у 200 г води за 80 °С можна розчинити 134 г солі. У воду додали лише 80 г:

$$80 < 134.$$

Отже розчин буде ненасиченим.

Відповідь: не буде.

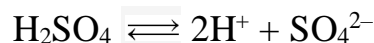
Задача 2.

Обчисліть концентрацію аніонів та катіонів в розчині: а) 0,01 М H_2SO_4 ; б) 0,5 М CH_3COOH . Константи дисоціації дорівнюють відповідно 1 і $0,2 \cdot 10^{-5}$.

Дано:	Допоміжні дані
$c_B(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,01 \text{ M}$	$K_D(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1$
$c_B(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5 \text{ M}$	$K_D(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,2 \cdot 10^{-5}$
$C_{\pm} - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції повної дисоціації сульфатної кислоти.



Крок 2. Обчислюємо число катіонів у розчині сульфатної кислоти за формулою:

$$C_{\pm} = n \cdot \alpha \cdot c_B.$$

У даному випадку число йонів Гідрогену дорівнює «2», $n = 2$:

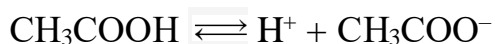
$$C_{\text{H}^+} = 2 \cdot 1 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ моль/л.}$$

Крок 3. Обчислюємо число аніонів у розчині сульфатної кислоти.

У даному випадку число йонів кислотного залишку дорівнює «1», $n = 1$:

$$C_{\text{SO}_4^{2-}} = 1 \cdot 1 \cdot 0,01 = 0,01 \text{ моль/л.}$$

Крок 4. Записуємо рівняння реакції повної дисоціації оцтової кислоти.



Число катіонів і аніонів у розчині однакова і дорівнює «1», $n = 1$.

Крок 5. Обчислюємо число катіонів і аніонів у розчині оцтової кислоти.

Оцтова кислота – слабкий електроліт, тому число йонів у її розчині обчислюємо за формулою:

$$C_{\pm} = \sqrt{K_D \cdot c_B}.$$

Підставляємо дані:

$$C_{\pm} = \sqrt{0,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5} = 0,001 \text{ моль/л}$$

Отже число катіонів і аніонів у розчині оцтової кислоти однакова і дорівнює 0,001 моль/л.

Відповідь: а) $C_{\text{H}^+} = 0,02 \text{ моль/л}$, $C_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,01 \text{ моль/л}$;

б) $C_{\text{H}^+} = 0,001$ моль/л, $C_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 0,001$ моль/л.

Задача 3. За нормальних умов (н. у.) у воді масою 100 г розчинили гідроген хлорид об'ємом 50,5 л. Насичений за температури 0 °С розчин HCl масою 50 г нагріли до температури 50 °С. Обчисліть масу добутого розчину.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{H}_2\text{O})_1 = 100$ г	$K_{\text{розч. (HCl)}_2} = 60$ г (50 °С, 0,1 МПа)
$V(\text{HCl})_1 = 50,5$ л	$M(\text{HCl}) = 36,5$ г/моль
$t_1 = 0$ °С	$V_M = 22,4$ л/моль
$m(\text{насич. р-ну})_2 = 50$ г (0 °С)	
$t_2 = 50$ °С	
$m(\text{р-ну})_3 = ?$	

Розв'язання

Варіант I

Крок 1. Обчислюємо константу розчинності за 0 °С. (якщо немає довідкових даних)

Складаємо пропорцію виходячи з молярної маси і молярного об'єму:

$$36,5 \text{ г HCl} - 22,4 \text{ л}$$

$$x \text{ г} - 50,5 \text{ л}$$

$$x = 36,5 \cdot 50,5 / 22,4 = 82,2879 \approx 82,3 \text{ (г)}.$$

$$K_{\text{розч. (HCl)}_1} = 82,3 \text{ г (0 °С, 0,1 МПа)}$$

Крок 2. Обчислюємо масу розчину за 0 °С за формулою:

$$m = m(\text{X}) + m(\text{роз-ка}).$$

$$m_1 = 82,3 + 100 = 182,3 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо різницю мас речовини.

Різницю мас гідроген хлориду у 100 г першого і другого розчинів визначаємо за їхніми константами розчинності:

$$\Delta m(\text{HCl}) = K_{\text{розч. (HCl)}_1} - K_{\text{розч. (HCl)}_2}.$$

$$\Delta m(\text{HCl}) = 82,3 - 60 = 22,3 \text{ (г)}.$$

Крок 4. Обчислюємо масу гідроген хлориду, що випарувався під час нагрівання.

З розчину масою 182,3 г під час нагрівання має вивільнитися 22,3 г гідроген хлориду. Складаємо пропорцію і обчислюємо, яка маса газу має випаруватися з розчину масою 50 г:

$$\begin{array}{rcl} 22,3 \text{ г HCl} & - & 182,3 \text{ г} \\ x \text{ г} & - & 50 \text{ г} \end{array}$$
$$x = 22,3 \cdot 50 / 182,3 = 6,1162 \approx 6 \text{ (г).}$$
$$m(\text{HCl}) = 6 \text{ г.}$$

Крок 5. Обчислюємо масу отриманого розчину за формулою:

$$m_3 = m_2 - m(\text{HCl}).$$
$$m_3 = 50 - 6 = 44 \text{ (г).}$$

Відповідь: 44 г.

Варіант II

Крок 1. Складаємо першу пропорцію для визначення коефіцієнта розчинності.

У нашій задачі – це $K_{\text{розч. (HCl)}_1}$ при 0 °С:

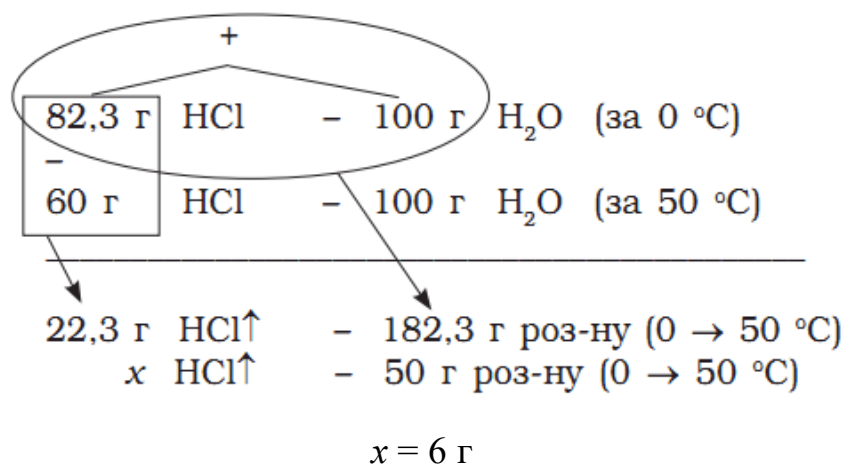
$$\begin{array}{rcl} 36,5 \text{ г HCl} & - & 22,4 \text{ л} \\ x \text{ г} & - & 50,5 \text{ л} \end{array}$$
$$x = 36,5 \cdot 50,5 / 22,4 = 82,2879 \approx 82,3 \text{ (г).}$$

Крок 1. Складаємо другу пропорцію для визначення маси зайвої речовини зі зміною температури, виходячи з першої пропорції і даних за умовою:

m (р-ни) (осад або зайвий газ) – m (р-ни) при охолодженні (додаються
(визначається як Δm з 1-ої m (реч.) і m (води) у 1-й пропорції)
пропорції)

x (р-ни) (осад або зайвий газ) – m (р-ни) за умовою задачі (за тим же
інтервалом температури)

У нашій задачі – це



Крок 3. Обчислюємо масу нового розчину: $m_3 = m_2 - m(X)$.

$$m_3 = 50 - 6 = 44 \text{ (г)}.$$

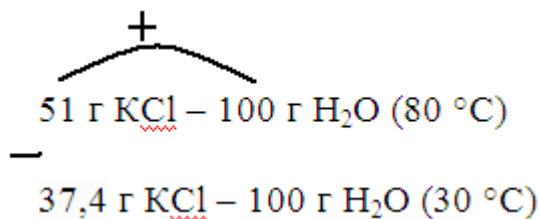
Відповідь: 44 г.

Задача 4. Обчисліть масу осаду, що утворюється під час охолодження насиченого за 80 °C розчину калій хлориду масою 80 г до температури 30 °C. Користуйтеся кривими розчинності.

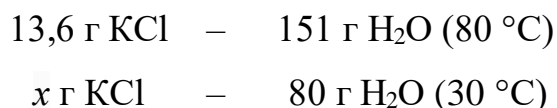
<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m_1 = 80 \text{ г}$	$K_{\text{розч.}}(\text{KCl})_1 = 51 \text{ г (80 °C)}$
$t_1 = 80 \text{ °C}$	$K_{\text{розч.}}(\text{KCl})_2 = 37,4 \text{ г (30 °C)}$
$t_2 = 30 \text{ °C}$	
$m(\text{осаду}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Складаємо пропорцію, виходячи з коефіцієнтів розчинності.



Крок 2. Складаємо пропорцію для визначення маси осаду, що утвориться зі зміною температури, виходячи з 1-ої пропорції і даних за умовою:



$$x = 13,6 \cdot 80 / 151 = 7,2052 \approx 7,2 \text{ (г)}.$$

Відповідь: m (осаду) = 7,2 г.

Заняття 6. ОБЧИСЛЕННЯ ЗА РІВНЯННЯМИ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ МІЖ МЕТАЛОМ І СІЛЮ В РОЗЧИНІ

Основні поняття: ряд активності металів, масова частка розчиненої речовини.

Ряд активності металів (електрохімічний ряд напруг металів) – характеризує порівняльну активність металів в окисно-відновних реакціях, що відбуваються в водних розчинах.

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

Активність металів зменшується

Метали, що стоять в ряду активності ліворуч від Гідрогену: взаємодіють з кислотами з виділенням водню (окрім нітратної та концентрованої сульфатної). Метали, що стоять в ряду активності праворуч від Гідрогену – з кислотами не взаємодіють.

Метали, що стоять у ряду активності ліворуч витискують метал, що стоїть праворуч з його солі.

Масова частка розчиненої речовини – вимірюється за формулою:

$$\omega (X) = \frac{m (X)}{m},$$

або

$$\omega (X) = \frac{m (X)}{m} \cdot 100\%$$

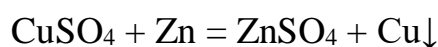
Задача 1. Бордоська суміш, яку використовують у сільському господарстві для захисту рослин від грибкових захворювань, готують з кальцій гідроксиду, мідного купоросу ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) і води. За інструкцією, змішування не можна проводити у залізній, або оцинкованій тарі. Чим це можна пояснити? Обчисліть,

яка маса металу виділиться в результаті повної взаємодії, якщо в оцинковане відро налити 500 г розчину купрум (II) сульфату (3%).

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m = 500 \text{ г}$	$M(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{X}) = 3\% = 0,03$	$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}$
$m(\text{металу}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції. Оцинковане відро покрито шаром цинку, отже сіль Купруму (II) буде взаємодіяти з цим металом:



Крок 2. Обчислюємо масу купрум (II) сульфату в розчині/

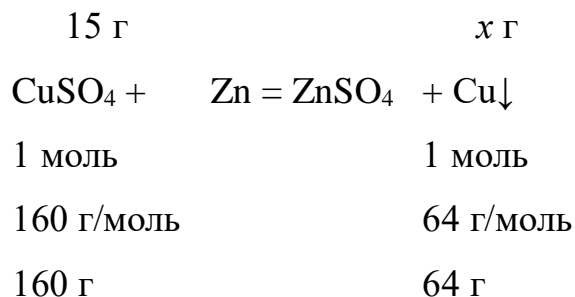
За формулою:

$$m(\text{X}) = \omega(\text{X}) \cdot m,$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 0,03 \cdot 500 = 15 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо масу міді, що виділиться.

Записуємо дані з умови задачі над формулами сполук у рівнянні реакції, а під формулами – кількість речовини і молярні маси цих же сполук:



Складаємо пропорцію:

$$15 \text{ г} - x \text{ г}$$

$$160 \text{ г} - 64 \text{ г}$$

$$x = 15 \cdot 64 / 160 = 6 \text{ (г)}.$$

Відповідь: $m(\text{міді}) = 6 \text{ г}$.

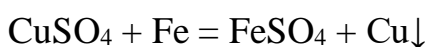
Задача 2. Знання про різницю активності металів застосовують для нанесення шару менш активного металу на поверхню більш активного. Наприклад, мідь на залізо. Обчисліть, яка маса міді виділиться на залізній

пластині масою 50 г, зануреній в розчин купрум (II) сульфату. Відомо, що після промивання, висушування і зважування маса пластинки стала 52,5 г.

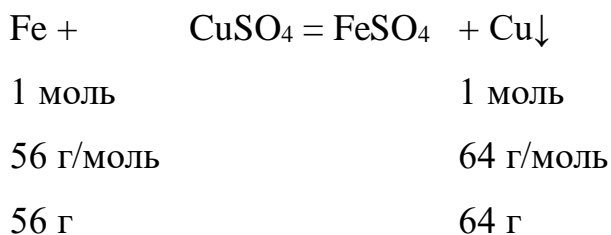
<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
m (пластинки) ₁ = 50 г	$M(\text{Cu}) = 64$ г/моль
m (пластинки) ₂ = 52,5 г	$M(\text{Fe}) = 56$ г/моль
m (Cu) – ?	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції. Залізо більш активний метал, ніж мідь, отже він буде витискувати її з солі:



Крок 2. Обчислюємо різницю мас пластинки до і після реакції за рівнянням. Виходячи з рівняння, на 1 моль заліза припадає 1 моль міді:



Мідь важче заліза на:

$$64 - 56 = 8 \text{ (г)}.$$

Тобто, якщо з залізної пластинки вивільниться 1 моль заліза, а осяде на неї 1 моль міді, то маса пластинки збільшиться на 8 г.

Крок 3. Обчислюємо різницю мас пластинки до і після реакції:

$$\Delta m \text{ (пластинки)} = m \text{ (пластинки)}_2 - m \text{ (пластинки)}_1,$$

$$\Delta m \text{ (пластинки)} = 52,5 - 50 = 2,5 \text{ (г)}$$

Крок 4. Обчислюємо масу міді, що виділилася на пластинці. Для цього складаємо пропорцію:

якщо в реакцію вступить 64 г Cu – виділиться 8 г Cu↓

$$x \text{ г} \qquad \qquad \qquad - \quad 2,5 \text{ г}$$

$$x = 64 \cdot 2,5 / 8 = 20 \text{ (г)}.$$

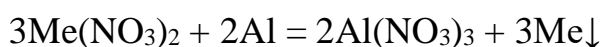
Відповідь: m (Cu) = 20 г.

Задача 3. У розчин, що містить 6,21 г двовалентного металу у вигляді солі нітратної кислоти, занурили алюмінієву пластинку. Визначте метал, якщо після повного виділення металу маса пластинки збільшилася на 5,67 г.

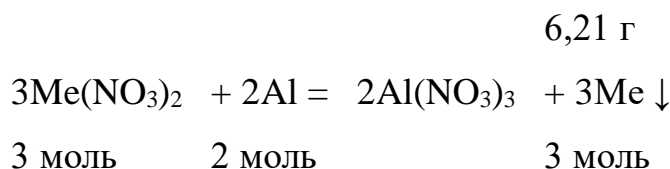
<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{металу})_1 = 6,21 \text{ г}$	$M(\text{Al}) = 27 \text{ г/моль}$
$\Delta m(\text{пластинки}) = 5,67 \text{ г}$	
Метал – ?	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції:



Крок 2. Встановлюємо відношення кількості речовини і мас невідомого металу і алюмінію за рівнянням:



Виходячи з рівняння, на 3 моль невідомого металу припадає 2 моль алюмінію.

Крок 3. Встановлюємо молярну масу невідомого металу. Для цього позначаємо масу 1 моль цього металу за x . Маса пластинки, за умовою задачі, після реакції збільшилася, отже маса невідомого металу більша, а $\Delta m(\text{пластинки})_1 = (3x - 2 \cdot 27)$.

Крок 4. Обчислюємо молярну масу невідомого металу.

Складаємо пропорцію:

якщо в реакцію вступить 6,21 г Me – маса пластинки збільшиться на 5,67 г

$$3x \text{ г} \qquad \qquad \qquad - (3x - 2 \cdot 27) \text{ г}$$

$$6,21 / 3x = 5,67 / (3x - 2 \cdot 27)$$

$$6,21(3x - 2 \cdot 27) = 3 \cdot 5,67x$$

$$18,63x - 335,34 = 17,07x$$

$$1,62x = 335,34$$

$$x = 207.$$

Молярна маса двовалентного металу дорівнює 207 г/моль, $A_r = 207$.

Встановлюємо метал за періодичною системою Д.І. Менделєєва – це свинець.

Відповідь: свинець РЬ.

Заняття 7. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО ЕФЕКТУ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

Основні поняття: тепловий ефект реакції, термохімічне рівняння, теплота утворення.

Тепловий ефект реакції Q (ентальпія реакції ΔH) – це кількість теплоти, що поглинається ($Q < 0$, $\Delta H > 0$) або виділяється ($Q > 0$, $\Delta H < 0$) в результаті реакції. Вимірюють у кілоджоулях на моль (кДж/моль).

Тепловий ефект будь-якої реакції обчислюється як різниця між сумою теплот утворення всіх продуктів і сумою теплот утворення всіх реагентів в даній реакції:

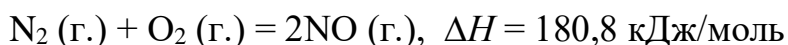
$$\Delta H_{\text{р-ції}} = \Delta H_{\text{прод.}} - \Delta H_{\text{реагентів}},$$

$\Delta H_{\text{прод.}}$ – сума теплот утворення продуктів реакції,

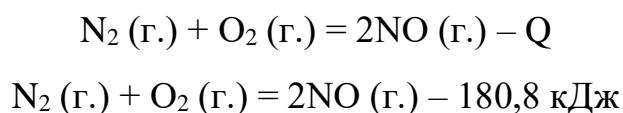
$\Delta H_{\text{реагентів}}$ – сума теплот утворення реагентів.

Стандартна теплота утворення сполуки – це тепловий ефект реакції, що виділяється або поглинається при утворенні одного моль хімічних сполук з простих речовин. Теплота утворення простої речовини дорівнює нулю. Стандартна ентальпія утворення позначається H_f° . Індекс f означає *formation* (утворення), а знак «0» у верхньому індексі вказує, що величина відноситься до стандартного стану речовини: один моль індивідуального хімічної сполуки, взятого в чистому вигляді за стандартних умов в тому агрегатному стані, яке стабільно в цих умовах.

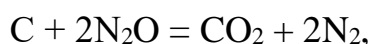
Термохімічне рівняння – це рівняння хімічної реакції, в якому зазначено тепловий ефект реакції. Наприклад:



або



Задача 1. Теплота утворення нітроген(I) оксиду дорівнює 82 кДж, а теплота утворення карбон (IV) оксиду $-393,5$ кДж. Яка кількість теплоти виділиться в результаті реакції:



якщо в реакцію вступило 110 г N_2O ?

Дано:	Допоміжні дані
$m (\text{N}_2\text{O}) = 110 \text{ г}$	$H_f^\circ (\text{N}_2\text{O}) = 82 \text{ кДж/моль}$
$\Delta H - ?$	$H_f^\circ (\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль}$

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини нітроген(I) оксиду, що вступив у реакцію за формулою:

$$n = m / M.$$

$$n (\text{N}_2\text{O}) = 110 / 44 = 2,5 \text{ (моль)}.$$

Крок 2. Обчислюємо тепловий ефект реакції взаємодії вугілля з нітроген(I) оксидом.

За формулою: $\Delta H_{\text{р-ції}} = H_{\text{ф прод.}}^\circ - H_{\text{ф реагентів}}^\circ,$

Теплота утворення простої речовини дорівнює «0», отже ми оперуємо лише даними, що відносяться до оксидів:

$$\Delta H_{\text{р-ції}} = -392,9 - (2 \cdot 82) = -540,9 \text{ (кДж)}.$$

Тобто, в результаті реакції виділяється 540,9 кДж теплоти.

Крок 3. Обчислюємо теплоту, що виділяється в результаті взаємодії 2,5 моль нітроген (I) оксиду за пропорцією:

$$2 \text{ моль } (\text{N}_2\text{O}) - 540,9 \text{ кДж}$$

$$\text{з } 2,5 \text{ моль} - x \text{ кДж}$$

$$x = 2,5 \cdot 540,9 / 2 = 676,125 \text{ (кДж)}.$$

Відповідь: 676,125 кДж.

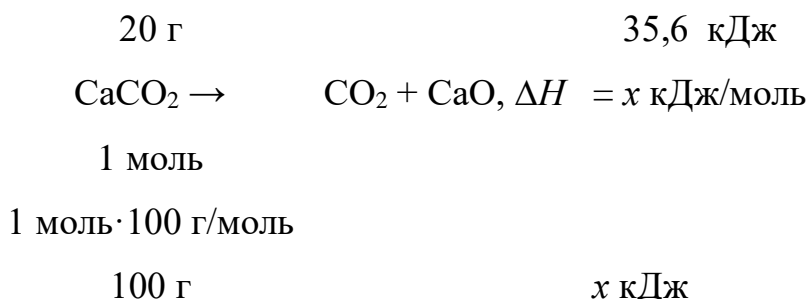
Задача 2. Складіть термохімічне рівняння, якщо відомо, що в результаті реакції розкладу 20 г кальцій карбонату поглинулося 35,6 кДж теплоти.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\Delta H = 35,6$ кДж	$M(\text{CaCO}_2) = 100$ г/моль
$m(\text{CaCO}_2) = 20$ г	
ΔH кДж/моль	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо тепловий ефект реакції розкладу кальцій карбонату.

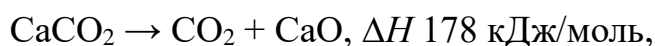
Записуємо рівняння реакції і зазначаємо над ним дані за умовою задачі, а під ним – кількість речовини і об'єм метану:



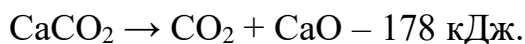
Крок 2. Складаємо пропорцію і обчислюємо тепловий ефект реакції:

$$\begin{aligned}
 20 \text{ г} / 100 \text{ г} &= 35,6 \text{ кДж} / x \text{ кДж} \\
 x &= 100 \cdot 35,6 / 20 = 178 \text{ (кДж)}.
 \end{aligned}$$

Крок 3. Записуємо термохімічне рівняння:



або

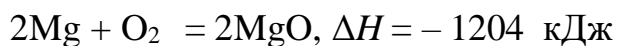


Відповідь: $\text{CaCO}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CaO}, \Delta H = 178 \text{ кДж/моль}$

Заняття 8. РОЗРАХУНКИ ЗА ТЕРМОХІМІЧНИМИ РІВНЯННЯМИ

Основні поняття: тепловий ефект реакції, термохімічне рівняння. (див. попереднє заняття)

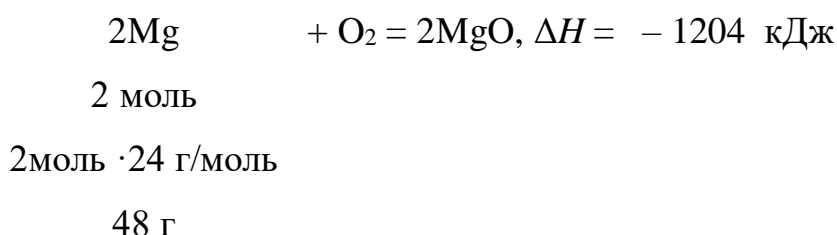
Задача 1. Яка кількість теплоти виділиться при горінні магнію масою 7,2 г в кисні. Термохімічне рівняння взаємодії:



<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{Mg}) = 7,2 \text{ г}$	$M(\text{Mg}) = 24 \text{ г/моль}$
$\Delta H_1 = ?$	

Розв'язання

Записуємо термохімічне рівняння реакції і позначаємо під магнієм кількість речовини та його масу:



Варіант I.

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини магнію, що вступив в реакцію за термохімічним рівнянням за формулою: $n = m / M$

$$n(\text{Mg}) = 7,2 : 24 = 0,3 \text{ (моль)}.$$

Крок 2. Обчислюємо кількість теплоти.

Згідно рівнянню при згоранні 2 моль магнію виділяється 1204 кДж теплоти, а при згоранні 0,3 моль виділиться:

$$\Delta H_1 = 0,3 \cdot 1204 / 2 = 180,6 \text{ (кДж)}.$$

Варіант II.

Крок 1. Обчислюємо масу магнію, що вступив в реакцію за термохімічним рівнянням за формулою: $m = n \cdot M$

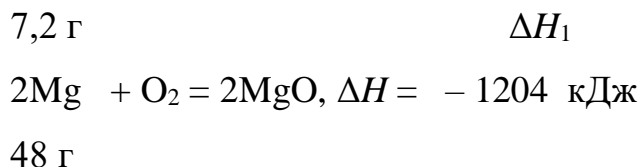
$$m(\text{Mg}) = 2 \cdot 24 = 48 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо кількість теплоти. Згідно рівнянню при згоранні 48 г магнію виділяється 1204 кДж теплоти, а при згоранні 7,2 г виділиться:

$$\Delta H_1 = 7,2 \cdot 1204 / 48 = 180,6 \text{ (кДж)}.$$

Варіант III.

Крок 1. Записуємо термохімічне рівняння і указуємо над формулою магнію і над теплою дані за умовою задачі. Під рівнянням – значення величин згідно підрахункам за рівнянням реакції:

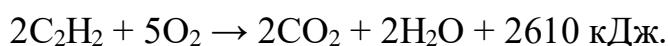


Крок 2. Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

$$\begin{aligned} 7,2 \text{ г} / 48 \text{ г} &= \Delta H_1 / 1204 \text{ кДж} \\ \Delta H_1 &= 7,2 \cdot 1204 / 48 = 180,6 \text{ (кДж)}. \end{aligned}$$

Відповідь: $\Delta H_1 = 180,6 \text{ кДж}$.

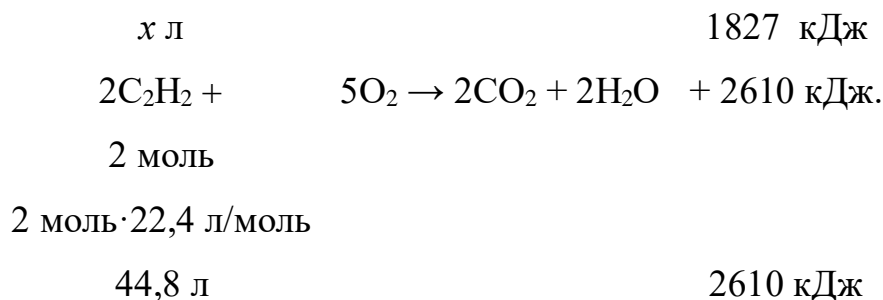
Задача 2. В процесі зварювання залізних виробів (труб, рейок) застосовують ацетиленовий зварювальний апарат, що працює на кальцій карбіді і воді, й стиснений кисень. При згоранні ацетилену виділилось 1827 кДж теплоти. Який об'єм (л) ацетилену при цьому було використано? Термохімічне рівняння реакції:



<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$Q = 1827 \text{ кДж.}$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{C}_2\text{H}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції і зазначаємо над ним дані за умовою задачі, а під ним – кількість речовини і об'єм метану.



Крок 2. Складаємо пропорцію і обчислюємо об'єм ацетилену:

$$x \text{ л} / 44,8 \text{ л} = 1827 \text{ кДж} / 2610 \text{ кДж}$$

$$x = 44,8 \cdot 1827 / 2610 = 179,2 \text{ (л)}.$$

Відповідь: 31,36 л.

Задача 3. Як паливо для автомобілів використовують різні суміші газів. Яка кількість теплоти виділиться в результаті згорання 50 л суміші, що складається з пропану (40%) і бутану (60%)? Теплоти згорання зазначених речовин:

Речовина	$\Delta H_{\text{згор.}}$, кДж/моль
Пропан	2423,56
Бутан	3122,46

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
φ (пропану) = 40% = 0,4	$V_M = 22,4$ л/моль
φ (бутану) = 60% = 0,6	$\Delta H_{\text{гор.}}$ (пропану), = -2423,56 кДж
V (суміші) = 50 л	$\Delta H_{\text{гор.}}$ (бутану), = -3122,4 кДж.
ΔH – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо об'єм (л) пропану в суміші за формулою:

$$m(X) = \varphi(X) \cdot m,$$

$$m(\text{пропану}) = 0,4 \cdot 50 = 20 \text{ (л)}.$$

Крок 2. Обчислюємо об'єм (л) бутану в суміші за формулою:

$$m(X) = \varphi(X) \cdot m,$$

$$m(\text{бутану}) = 0,6 \cdot 50 = 30 \text{ (л)}.$$

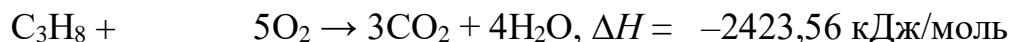
Крок 3. Записуємо термохімічне рівняння горіння пропану:



Крок 4. Обчислюємо теплоту, що виділяється при згоранні 20 л пропану.

Для цього записуємо дані з умови задачі над термохімічним рівнянням, а під ним – молярний об'єм пропану і розв'язуємо пропорцію:

20 л x кДж



1 моль

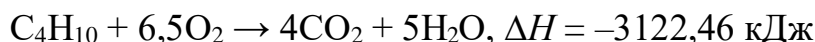
1 моль · 22,4 л/моль

22,4 л

$$x = 20 \cdot (-2423,56) / 22,4 = -2163,8928 \approx -2163,9 \text{ (кДж)}.$$

$$\Delta H_1 = -2163,9 \text{ кДж}.$$

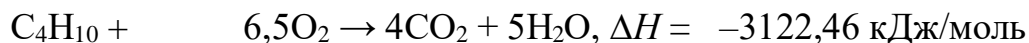
Крок 5. Записуємо термохімічне рівняння горіння бутану:



Крок 6. Обчислюємо теплоту, що виділяється при згоранні 30 л бутану.

Для цього записуємо дані з умови задачі над термохімічним рівнянням, а під ним – молярний об'єм бутану і розв'язуємо пропорцію:

30 л x кДж



1 моль

1 моль · 24 г/моль

22,4 л

$$x = 30 \cdot (-3122,46) / 22,4 = -4181,866 \approx -4181,9 \text{ (кДж)}.$$

$$\Delta H_2 = 4181,9 \text{ кДж}.$$

Крок 7. Обчислюємо теплоту, що виділяється при згоранні суміші.

За формулою:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2,$$

$$\Delta H = 2163,9 + 4181,9 = 6345,8 \text{ (кДж)}.$$

Відповідь: $\Delta H = 6345,8 \text{ кДж}$.

Заняття 9. ОБЧИСЛЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

Основні поняття: швидкість хімічної реакції, термохімічне рівняння.

Швидкість хімічної реакції – це зміна кількості речовини (продукту або реагенту) за одиницю часу.

Гомогенні (однорідні) системи – системи, хімічний склад яких в будь-якій їх частині є однаковим. Складові частини таких систем неможливо відділити механічними способами. Приклад: рідини, гази. У гомогенних системах реакції відбувається по всьому об'єму.

Швидкість гомогенної реакції розраховується за формулами («+» ставиться у випадку, коли обчислення проводять за продуктами реакції, «-» — у випадку обчислення за вихідними речовинами (реагентами)):

$$v = \pm \frac{\Delta c_B}{\tau} = \pm \frac{\Delta c_B}{\Delta t}$$
$$\Delta c = \frac{\Delta n}{V}$$
$$v_{\text{гом}} = \pm \frac{\Delta n}{V\tau},$$

де $v_{\text{гом}}$ – швидкість гомогенної хімічної реакції,

n – кількість речовини (продукту або реагенту),

c_B – молярна концентрація речовини,

τ – час проходження реакції,

V – об'єм,

Δ – зміни.

Гетерогенні (неоднорідні) системи – системи, що складаються з речовин, що мають різний агрегатний стан (або фізичні властивості) та всі суміші твердих сполук. Складові частини таких систем розділяють механічними способами. Приклад: рідина з осадом, сплав, аерозоль, емульсія.

Швидкість гетерогенної реакції визначається кількістю речовини сполук, що вступили, або утворилися в результаті реакції за одиницю часу на одиниці площі («+» ставиться в тому випадку, коли обчислення проводять за продуктами реакції, «-» – у випадку обчислення за вихідними речовинами (реагентами)):

$$v_{\text{гет}} = \pm \frac{\Delta n}{S\tau},$$

де $v_{\text{гет}}$ – швидкість гетерогенної хімічної реакції,

n – кількість речовини (продукту або реагенту),

τ – час проходження реакції.

S – площа поверхні взаємодії речовин,

Δ – зміни.

Задача 1. Реакція відбувається за рівнянням $A + B = D$. Початкова концентрація речовини С дорівнює 0,5 моль/л, а через 15 с – 0,65 моль/с. Обчисліть середню швидкість реакції.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$c_{B1} = 0,5$ моль/с	
$c_{B2} = 0,6$ моль/с	
$\tau_1 = 0$ с	
$\tau_2 = 15$ с	
$v_{\text{р-ції}} = ?$	

Розв'язання

Якщо не зазначені площа взаємодії або об'єм, обчислення проводимо за формулою:

$$v_{\text{гом}} = \pm \frac{\Delta n}{V\tau}.$$

Крок 1. Обчислюємо зміну кількості сполуки С:

$$\Delta n (C) = n (D)_2 - n (D)_1 = (0,5 - 0,65) = -0,15 \text{ (моль)}.$$

Крок 2. Обчислюємо швидкість реакції:

$$v_{\text{р-ції}} = \pm \Delta n / \tau = 0,15 / 15 = 0,01 \text{ (моль/с)}.$$

Відповідь: $v_{\text{р-ції}} = 0,01$ моль/с.

Задача 2. За 7 с у реакторі об'ємом 10 л в результаті гідрування етену утворюється 1,4 моль етану. Обчисліть середню швидкість реакції.

Дано:	Допоміжні дані
$\Delta n = 1,4$ моль	
$\tau = 7$ с	
$V = 10$ л	
Знайти:	
$v_{p-цїї} - ?$	

Розв'язання

Етан – продукт реакції, тому перед значеннями ставиться «+». Обчислення проводимо за формулою:

$$v_{\text{гом}} = \pm \frac{\Delta n}{V\tau}$$

$$v_{p-цїї} = 1,4 / 10 \cdot 7 = 0,02 \text{ (моль/л}\cdot\text{с)}.$$

Відповідь: $v_{p-цїї} = 0,02$ моль/л·с.

Задача 3. Обчисліть середню швидкість реакції, якщо через 10 с від початку реакції концентрація вихідних речовин становила 0,04 моль/л, а через 30 с — 0,06 моль/л.

Дано:	Допоміжні дані
$c_{B1} = 0,04$ моль/л	
$c_{B2} = 0,06$ моль/л	
$\tau_1 = 10$ с	
$\tau_2 = 30$ с	
Знайти:	
$v_{p-цїї} - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо різницю молярної концентрації:

$$\Delta c_B = c_{B2} - c_{B1} = 0,04 - 0,064 = -0,02 \text{ (моль/л)}.$$

Крок 2. Обчислюємо час, за який відбулася реакція:

$$\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1 = 30 - 10 = 20 \text{ (с)}.$$

Крок 3. Обчислюємо середню швидкість реакції за формулою,

$$v_{p-цїї} = - \Delta C / \Delta \tau$$

маючи на увазі, що розрахунки проводяться за вихідними речовинами, а отже перед розрахунками необхідно ставити знак «-»:

$$v_{p-цїї} = -(-0,02) / 20 = 0,001 \text{ (моль/с)} = 0,1 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/с)}.$$

Відповідь: $v_{p-цїї} = 0,1 \cdot 10^{-2}$ моль/с.

Заняття 10. ОБЧИСЛЕННЯ ЗА ЗАКОНОМ ДІЮЧИХ МАС

Основні поняття: швидкість хімічної реакції, термохімічне рівняння.

Закон діючих мас: «Швидкість хімічної реакції при даній температурі прямо пропорційна добутку молярних концентрацій реагуючих речовин, взятих у ступенях, що дорівнюють їх коефіцієнтам в рівнянні реакції (стехіометричним коефіцієнтам)».

Для рівняння реакції $A + B = C$, швидкість обчислюється за формулою:

$$v_1 = k_1 C_A C_B \quad (1)$$

Для рівняння реакції $A + 3B = 2C$, швидкість обчислюється за формулою:

$$v_1 = k_1 C_A C_B^3 \quad (2)$$

де C_A і C_B – молярні концентрації речовин А і В (моль/л),

k_1 і k_2 – коефіцієнти пропорційності (*константи швидкості реакції*).

Кінетичне рівняння – це рівняння, яке описує залежність швидкості реакції від молярних концентрацій реагентів. Рівняння (1) і (2) – кінетичні рівняння відповідних реакцій.

Задача 1. Обчисліть, як зміниться швидкість реакції $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$, якщо:

а) концентрація реагентів збільшиться у 2 рази; б) тиск збільшиться у 3 рази.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$C(N_2)_2 / C(N_2)_1 = 2$	$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$
$C(H_2)_2 / C(H_2)_1 = 2$	
$V_2 / V_1 = 3$	
<i>Знайти:</i> $v_2 / v_1 = ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо кінетичне рівняння реакції $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$:

$$v_1 = kC(N_2)C(H_2)^3.$$

Крок 2. Записуємо кінетичне рівняння реакції $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ при збільшенні концентрації реагентів у 2 рази:

$$v_2 = k2C(N_2) \cdot (2C(H_2))^3 = k2C(N_2) \cdot 8C(H_2)^3$$

Крок 3. Обчислюємо, у скільки разів зміниться швидкість реакції при збільшенні концентрації реагентів у два рази:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\cancel{k}2\cancel{C(N_2)} \cdot \cancel{8}C(H_2)^3}{\cancel{k}C(N_2) \cdot \cancel{C(H_2)^3}} = 16$$

Крок 4. Записуємо кінетичне рівняння реакції $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ при збільшенні тиску у три рази, маючи на увазі, що при збільшенні тиску газоподібних речовин їх концентрація також збільшується у 3 рази:

$$v_3 = k3C(N_2) \cdot (3C(H_2))^3 = k3C(N_2) \cdot 27C(H_2)^3$$

Крок 5. Обчислюємо, у скільки разів зміниться швидкість реакції, якщо тиск збільшиться у 3 рази:

$$\frac{v_3}{v_1} = \frac{\cancel{k}3\cancel{C(N_2)} \cdot \cancel{27}C(H_2)^3}{\cancel{k}C(N_2) \cdot \cancel{C(H_2)^3}} = 81$$

Відповідь: а) $v_2 = 16v_1$; б) $v_3 = 81v_1$.

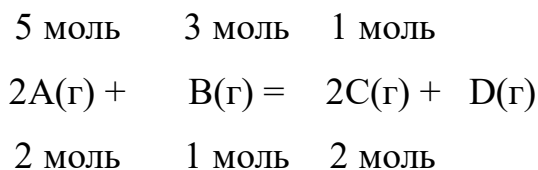
Задача 2. Реакція між газами відбувається за рівнянням $2A + B = 2C + D$.

Через деякий час концентрації речовин складала: $c_B(A) = 5$ моль/л, $c_B(B) = 3$ моль/л, $c_B(C) = 1$ моль/л. Обчисліть вихідні концентрації речовин А і В.

Дано:	Допоміжні дані
$c_B(A)_1 = 5$ моль/л	$2A(г) + B(г) = 2C(г) + D(г)$
$c_B(B)_1 = 3$ моль/л	
$c_B(C)_1 = 1$ моль/л	
$v_2 / v_1 = ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції і кількість речовини указаних у змісті сполук над і під ним:



Крок 2. Обчислюємо кількість речовини А, що вступила в реакцію.

Виходячи з рівняння складаємо пропорцію:

з 2 моль речовини А — утворюється 2 моль речовини С

х моль речовини А — утворюється 1 моль речовини С

$$x = 2 \cdot 1 / 2 = 1 \text{ (моль)}.$$

$$c_{\text{В витрачена}} = 1 \text{ моль/л}.$$

Крок 3. Обчислюємо вихідну концентрацію речовини А.

$$c_{\text{В вихідна}} = c_{\text{В кінцева}} + c_{\text{В витрачена}}$$

$$c_{\text{В вихідна}} = 5 + 1 = 6 \text{ (моль/л)}.$$

Крок 4. Обчислюємо кількість речовини В, що вступила в реакцію.

Виходячи з рівняння складаємо пропорцію:

з 1 моль речовини В — утворюється 2 моль речовини С

х моль речовини В — утворюється 1 моль речовини С

$$x = 1 \cdot 1 / 2 = 0,5 \text{ (моль)}.$$

$$c_{\text{В витрачена}} = 0,5 \text{ моль/л}.$$

Крок 5. Обчислюємо вихідну концентрацію речовини В.

$$c_{\text{В вихідна}} = 3 + 0,5 = 3,5 \text{ (моль/л)}.$$

Відповідь: $c_{\text{В вихідна}} (A) = 6 \text{ моль/л}$, $c_{\text{В вихідна}} (B) = 3,5 \text{ моль/л}$.

Задача 3. Хімічна реакція відбувається за рівнянням $A + B = C$. Початкова концентрація речовини А дорівнювала 5,4 моль/л, а речовини В – 5 моль/л. Через 20 хвилин концентрація речовини А становила 5 моль/л. Обчисліть концентрації речовини В і С через 20 хвилин.

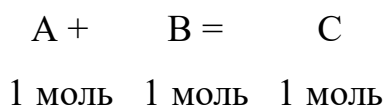
<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$c_B(A)_1 = 5,4$ моль/л	$A + 3B = 2C + D$
$c_B(B)_1 = 5$ моль/л	
$c_B(A)_2 = 5$ моль/л	
$\tau = 20$ хв	
$c_B(C)_1 = 1$ моль/л	
$c_B(B)_2 = ?$	
$c_B(C)_2 = ?$	

Розв'язання

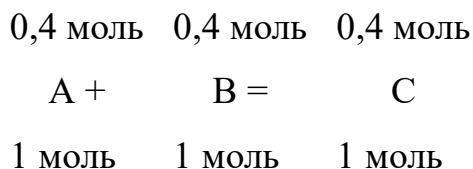
Крок 1. Обчислюємо зміну концентрації речовини А (кількість речовини, що вступила в реакцію):

$$\Delta c_B(A) = c_{B1}(A) - c_{B2}(A) = 5,4 - 5 = 0,4 \text{ (моль/л).}$$

Крок 2. Обчислюємо концентрацію речовини С. Виходячи з рівняння



співвідношення речовин складають: 1 : 1 : 1. Звідси:



Концентрація речовини В, що вступила в реакцію і речовини С, що утворилася, складає по 0,4 моль/л.

Крок 3. Обчислюємо концентрацію речовини В після реакції.

$$c_{B \text{ кінцева}} = c_{B \text{ вихідна}} - c_{B \text{ витрачена}}$$

$$c_{B \text{ кінцева}} = 5 - 0,4 = 4,6 \text{ (моль/л)}$$

Відповідь: $c_B(B)_2 = 4,6$ моль/л, $c_B(C)_2 = 0,4$ моль/л.

Заняття 11. РОЗРАХУНКИ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ ЗА ПРАВИЛОМ ВАНТ-ГОФФА

Основні поняття: швидкість хімічної реакції, термохімічне рівняння.

Швидкість хімічної реакції – це зміна кількості речовини (продукту або реагенту) в одиниці реакційного простору за одиницю часу.

Правило Вант-Гоффа: «При підвищенні температури на кожні 10° константа швидкості гомогенної реакції збільшується у 2 – 4 рази».

Математичний вираз правила:

$$\frac{v(T_2)}{v(T_1)} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

Швидкість реакції обчислюється за формулою:

$$v_2 = v_1 \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

де v_2 – швидкість реакції при температурі T_2 ,

v_1 – швидкість реакції при температурі T_1 ,

γ — температурний коефіцієнт реакції (якщо він, наприклад дорівнює «2», швидкість реакції при підвищенні на 10 градусів буде збільшуватися в 2 рази).

За рівнянням Вант-Гоффа температурний коефіцієнт обчислюється за формулою:

$$\gamma = \frac{v(T_2)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}}{v(T_1)}, \text{ або } \gamma = \Delta v^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

Задача 1. Як зміниться швидкість гомогенної реакції при підвищенні температури від 50° до 80°, якщо температурний коефіцієнт дорівнює 4?

Дано:	Допоміжні дані
$T_1 = 50^\circ$	
$T_2 = 80^\circ$	
$\gamma = 4$	
$\Delta v = ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо математичний вираз правила Вант-Гоффа:

$$\frac{v(T_2)}{v(T_1)} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

Крок 2. Обчислюємо зміну швидкості.

Підставимо дані з умови задачі і обчислимо, у скільки разів зміниться швидкість реакції:

$$v(T_2) / v(T_1) = 4^{(80-50)/10} = 4^{30/10} = 4^3 = 64.$$

Відповідь: швидкість реакції збільшиться у 64 рази.

Задача 2. Встановіть температурний коефіцієнт швидкості реакції, якщо при підвищенні температури на 20 °С швидкість збільшується у 6,25 рази?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$T = 20\text{ }^\circ\text{C}$	1 хв = 60 с
$\Delta v = 6,25$	
$\gamma = ?$	

Розв'язання

Обчислюємо температурний коефіцієнт реакції за формулою:

$$\gamma = \left(\frac{v(T_2)}{v(T_1)} \right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

$$\gamma = 6,25^{10/20} = 6,25^{1/2} = 2,5.$$

Відповідь: $\gamma = 2,5$.

Задача 3. При підвищенні температури на 20 С° швидкість реакції збільшується у 4 рази. При 20 °С швидкість реакції дорівнює 0,06 моль/с. Яка швидкість даної реакції при 0 °С ?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$T_1 = 20\text{ }^\circ\text{C}$	$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$
$\Delta v = 4$	
$v_1 = 0,06\text{ моль/с}$	
$T_2 = 0\text{ }^\circ\text{C}$	
$v_2 = ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо температурний коефіцієнт реакції за формулою:

$$\gamma = \Delta v^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

$$\gamma = 4^{10/20} = 4^{1/2} = 2.$$

Крок 2. Обчислюємо швидкість реакції при температурі 0 °С за формулою:

$$v_2 = v_1 \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

$$v_2 = 0,06 \cdot 2^{(0 - 20)/10} = 0,06 \cdot 2^{-2} = 0,06 / 4 = 0,06 \cdot 0,25 = 0,015 \text{ (моль/с)..}$$

Відповідь: $v_2 = 0,015$ моль/с.

**Заняття 12, 13. ОБЧИСЛЕННЯ ЗА РІВНЯННЯМ ХІМІЧНОЇ
РЕАКЦІЇ КІЛЬКОСТІ РЕЧОВИНИ, ОБ'ЄМУ (ГАЗУВАТИХ РЕЧОВИН),
МАСИ РЕЧОВИН ЗА РІВНЯННЯМ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ, ЯКЩО ОДИН З
РЕАГЕНТІВ ВЗЯТО У НАДЛИШКУ**

Основні поняття: обчислення в задачах на надлишок проводять за речовиною, що взята в недостатчі (за тією, якої менше).

Задача 1. За рецептом для виготовлення варення відношення цукру і ягід має бути 2:1. Чи можливо приготувати варіння маючи 5 кг суниці і 8 кг цукру? Якщо так, то: а) яка маса варення утвориться, б) який продукт лишиться і якої маси (кг)?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
m (суниці) ₁ = 5 кг	m (ягід) : m (цукру) = 1:2
m (цукру) ₁ = 8 кг	варення = ягоди + цукор
m (продукту) – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо маси вихідних продуктів, необхідних для виготовлення варення. Виходячи із співвідношення продуктів за рецептом, на 1 кг суниці необхідно 2 кг цукру. За умовою задачі дано 5 кг ягід, отже цукру потрібно в 2 рази більше, тобто:

$$m \text{ (цукру)} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ (кг).}$$

Виходить, що цукру дано менше (8 кг), ніж потрібно (10 кг). Подальші обчислення проводимо за продуктом, якого менше, тобто цукром.

Крок 2. Обчислюємо масу ягід, що витратиться на виготовлення варення. Складемо пропорцію:

$$\begin{aligned} 1 \text{ кг ягід} &- 2 \text{ кг цукру} \\ x \text{ кг ягід} &- 8 \text{ кг цукру} \\ x &= 1 \cdot 8 / 2 = 4 \text{ (кг)}. \end{aligned}$$

Крок 3. Обчислюємо масу зайвого продукту (суниці):

$$m(\text{суниці})_3 = m(\text{суниці})_1 - m(\text{суниці})_2 = 5 - 4 = 1 \text{ (кг)}.$$

Крок 4. Обчислюємо масу варення:

$$m(\text{варення}) = m(\text{суниці}) + m(\text{цукру}) = 4 + 8 = 12 \text{ (кг)}.$$

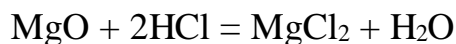
Відповідь: а) 12 кг варення; б) 1 кг суниці.

Задача 2. Палена магnezія (магній оксид) використовується у багатьох сферах, одна з яких медицина. Наприклад, у складі лікарських препаратів, що нейтралізують підвищену кислотність шлункового соку («Алмагель», «Фосфалюгель» тощо). Яка кількість речовини магній хлориду утвориться, якщо до 0,25 моль магній оксиду долили хлоридну кислоту, що містить 29,2 г HCl.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$n(\text{MgO}) = 0,25 \text{ моль}$	$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$
$m(\text{HCl}) = 29,2 \text{ г}$	$M(\text{MgCl}_2) = 95 \text{ г/моль}$
$n(\text{MgCl}_2) = ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічної реакції.



Крок 2. Обчислюємо кількість речовини хлороводню, що дано за умовою.

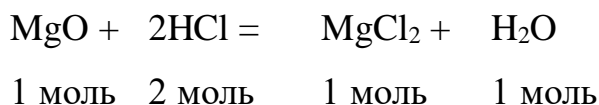
За формулою:

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

$$n(\text{HCl}) = 29,2 / 36,5 = 0,8 \text{ моль}.$$

Крок 3. Визначаємо речовину, взяту в надлишку.

Для цього встановлюємо співвідношення кількості речовини сполук за рівнянням хімічної реакції:



$$n(\text{MgO}) : n(\text{HCl}) : n(\text{MgCl}_2) = 1 : 2 : 1.$$

Звідси випливає, що на 0,25 моль MgO необхідно 0,5 моль HCl. За умовою кислоти дано 0,8 моль, що більше, ніж потрібно. Отже хлоридну кислоту взято у надлишку. Подальші розрахунки будемо проводити за сполукою, якої менше (вступила в реакцію повністю) – магній оксидом.

Крок 4. Обчислюємо кількість речовини солі, що утворилася в результаті реакції.

За співвідношенням сполук за рівнянням реакції випливає:

$$n(\text{MgO}) : n(\text{MgCl}_2) = 1 : 1 = 0,25 : 0,25$$

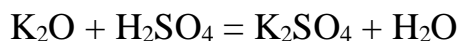
Відповідь: $n(\text{MgCl}_2) = 0,25$ моль.

Задача 3. На 94 г калій оксиду подіяли розчином, що містить 80 г нітратної кислоти. Обчисліть, яка маса солі утворилася

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{K}_2\text{O}) = 9,4$ г	$M(\text{K}_2\text{O}) = 94$ г/моль
$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 15$ г	$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$ г/моль
$m(\text{KNO}_3) - ?$	$M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174$ г/моль

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічної реакції :



Крок 2. Обчислюємо кількість речовини калій оксиду і нітратної кислоти, що дано за умовою за формулою:

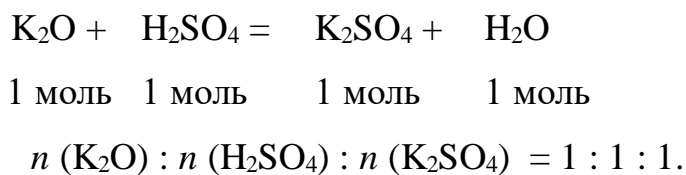
$$n = \frac{m}{M}$$

$$n(\text{K}_2\text{O}) = 9,4 / 94 = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 15 / 98 = 0,15306 \approx 0,15 \text{ моль}$$

Крок 3. Визначаємо речовину, взяту в надлишку.

Для цього встановлюємо співвідношення кількості речовини сполук за рівнянням хімічної реакції:



Звідси випливає, що на 0,1 моль K_2O необхідно 0,1 моль H_2SO_4 . За умовою кислоти дано 0,15 моль, що більше, ніж потрібно. Отже кислота взята в надлишку. Подальші розрахунки будемо проводити за сполукою, якої менше (вступила в реакцію повністю) – калій оксидом.

Крок 4. Обчислюємо масу солі, що утворилася в результаті реакції.

За співвідношенням сполук за рівнянням реакції випливає, що кількість речовини калій оксиду дорівнює кількості речовини калій сульфату, тобто 0,1 моль.

$$m = n(\text{реч.}) \cdot M.$$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 174 = 17,4 \text{ (г)}.$$

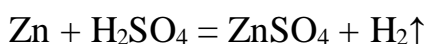
Відповідь: $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 17,4 \text{ г}$.

Задача 4. Який об'єм водню виділиться при дії розчину сульфатної кислоти масою 20 г ($W = 10\%$) на цинк масою 12,5 г.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{Zn}) = 13 \text{ г}$	$M(\text{Zn}) = 65 \text{ г/моль}$
$m(\text{р-ну}) = 150 \text{ г}$	$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$
$\omega = 10\% = 0,1$	$V_M(\text{H}_2) = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{H}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічної реакції :



Крок 2. Обчислюємо масу кислоти в розчині за формулою:

$$m(\text{реч.}) = \omega \cdot m(\text{роз-ну})$$

$$m(\text{реч.}) = 0,1 \cdot 150 = 15 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини цинку і сульфатної кислоти.

За формулою:

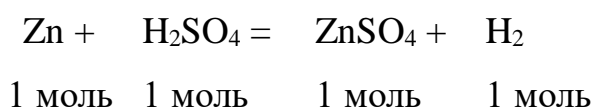
$$n = \frac{m}{M}$$

$$n(\text{Zn}) = 13 / 65 = 0,2 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 15 / 98 = 0,1530 \approx 0,15 \text{ моль}.$$

Крок 4. Визначаємо речовину, взяту в надлишку.

Встановлюємо співвідношення кількості речовини сполук за рівнянням хімічної реакції:



$$n(\text{Zn}) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{H}_2) = 1 : 1 : 1.$$

0,15 моль (H_2SO_4) менше 0,2 моль (Zn), отже в надлишку – цинк. Подальші розрахунки проводимо за кислотою (як за речовиною, що використовується повністю).

Крок 5. Обчислюємо об'єм водню, що виділиться в результаті реакції.

Виходячи зі співвідношення з рівняння реакції випливає, що кількість речовини водню дорівнює кількості речовини сульфатної кислоти: $v(\text{H}_2\text{SO}_4) : v(\text{H}_2) = 0,15 : 0,15$.

$$V = n(\text{реч.}) \cdot V_M$$

$$V(\text{H}_2) = 0,15 \cdot 22,4 = 3,36 \text{ (л)}.$$

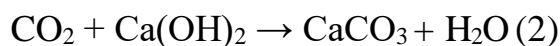
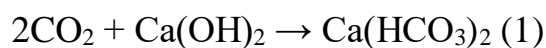
Відповідь: $V(\text{H}_2) = 3,36 \text{ л}$.

Задача 5. Яка сіль і якої маси (г) утвориться в результаті повного поглинання вуглекислого газу об'ємом 11,2 л негашеним вапном масою 37 г?

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 37 \text{ г}$	$M(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 74 \text{ г/моль}$
$V(\text{CO}_2) = 11,2 \text{ л}$	$V_M(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{H}_2) = ?$	$M_r(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}.$

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння можливих хімічних реакцій:



Крок 2. Обчислюємо кількість речовини кальцій оксиду і карбон (IV) оксиду, що дано за умовою.

За формулами:

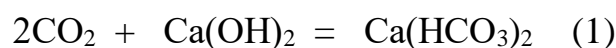
$$n = \frac{m}{M}$$

$$n (\text{Ca}(\text{OH})_2) = 37 / 74 = 0,5 \text{ (моль)}.$$

$$v (\text{реч.}) = V / V_M.$$

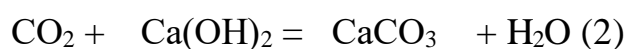
$$n (\text{CO}_2) = 11,2 / 22,4 = 0,5 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. Визначаємо співвідношення кількості речовини сполук за рівняннями хімічних реакцій.



$$2 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль}$$

$$n (\text{CO}_2) : n (\text{Ca}(\text{OH})_2) = 2 : 1.$$



$$1 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль} \quad 1 \text{ моль}$$

$$n (\text{CO}_2) : n (\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1 : 1.$$

Виходячи з попередніх обчислень кількість речовини вихідних речовин співвідноситься: $n (\text{Ca}(\text{OH})_2) : n (\text{CO}_2) = 0,5 : 0,5 = 1 : 1$. Отже відбувається реакція (2).

Крок 4. Обчислюємо масу утвореної солі.

У реакції (2) співвідношення кількості речовин $v (\text{Ca}(\text{OH})_2) : v (\text{CO}_2) : v (\text{CaCO}_3) = 1 : 1 : 1$. Отже утворюється 0,5 моль солі. Звідси:

$$m (\text{реч.}) = n \cdot M$$

$$m (\text{CaCO}_3) = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ (г)}.$$

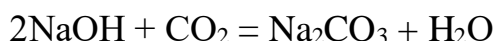
Відповідь: $m (\text{CaCO}_3) = 50 \text{ г}$.

Задача 6. У результаті пропускання вуглекислого газу об'ємом 2,912 л крізь розчин натрій гідроксиду утворилася суміш гідрокарбонату і карбонату натрію масою 12,46 г. Встановіть склад суміші (г).

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{суміші}) = 12,46 \text{ г}$	$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$
$V(\text{CO}_2) = 2,912 \text{ л}$	$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$
$m(\text{NaHCO}_3) - ?$	$V_M(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ л/моль}$
$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічних реакцій:



Крок 2. Обчислюємо кількість речовини карбон (IV), що дано за умовою.

За формулою:

$$n(\text{реч.}) = V / V_M.$$

$$n(\text{CO}_2) = 2,912 / 22,4 = 0,13 \text{ моль.}$$

Крок 3. Встановлюємо співвідношення кількості речовини сполук за рівняннями реакцій.

Розглядаємо 2 варіанти:

1) в надлишку натрій гідроксид:



$$n(\text{CO}_2) : n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1 : 1.$$

2) надлишку карбон (IV) оксид:



$$n(\text{CO}_2) : n(\text{NaHCO}_3) = 1 : 1.$$

Крок 4. Обчислюємо кількість речовини натрій карбонату.

Виходячи із співвідношень рівнянь (1) і (2) робимо висновок, що суміш карбонату і гідрокарбонату натрію становить 0,13 моль. Приймаємо кількість речовини натрій карбонату за x . Тоді кількість речовини натрій гідрокарбонату буде $(0,13 - x)$. Суміш солей, масою 12,46 г складається з $106x$ г натрій карбонату і $84(0,13 - x)$ г натрій гідрокарбонату:

$$106x + 84(0,13 - x) = 12,46$$

$$106x + 10,92 - 84x = 12,46$$

$$22x = 1,54$$

$$x = 0,07$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,07 \text{ моль.}$$

Крок 5. Обчислюємо кількість речовини натрій гідрокарбонату:

$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,13 - 0,07 = 0,06 \text{ (моль).}$$

Крок 6. Обчислюємо маси солей:

$$m(\text{реч.}) = n \cdot M$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,06 \cdot 84 = 5,04 \text{ (г).}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,07 \cdot 106 = 7,42 \text{ (г).}$$

Відповідь: $m(\text{NaHCO}_3) = 5,04 \text{ г.}$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 7,42 \text{ г.}$$

Заняття 14. ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ АБО ОБ'ЄМНОЇ ЧАСТКИ ВІДНОСНОГО ВИХОДУ ПРОДУКТУ РЕАКЦІЇ

Основні поняття: теоретично можливий вихід; практичний вихід; масова частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого; об'ємна частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого.

Теоретично можливий вихід – це максимальна кількість продукту реакції, яку можна отримати в результаті хімічної реакції. Обчислюється за рівнянням реакції.

Практичний вихід реакції – це доля від одиниці або від 100% теоретичного виходу.

Масова частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого – це відношення маси практично отриманої в результаті реакції, до маси, обчисленої теоретично. Обчислюється за формулою:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

де η – масова частка виходу за відношенням до теоретично можливого.

Масова частка виходу продукту реакції по відношенню до теоретично можливого чисельно дорівнює мольній частці, яка обчислюється за формулою:

$$\eta = \frac{n_{\text{практ.}}}{n_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

Об'ємна частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого – це відношення об'єму практично отриманого в результаті реакції, до об'єму, обчисленого теоретично. Обчислюється за формулою:

$$\varphi = \frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

де φ – об'ємна частка виходу за відношенням до теоретично можливого.

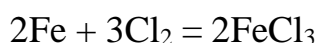
Об'ємна частка виходу продукту реакції по відношенню до теоретично можливого чисельно дорівнює мольній частці.

Задача 1. Після спалювання заліза у 42,6 г хлору, отримано 48,6 г ферум (III) хлориду. Обчисліть масову частку виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого (%).

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$m(\text{Cl}_2) = 42,6 \text{ г}$	$M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$
$m(\text{FeCl}_3)_{\text{практ}} = 48,75 \text{ г}$	$M(\text{FeCl}_3) = 162,5 \text{ г/моль}$
$\eta = ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічної реакції:



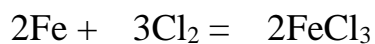
Варіант I.

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини сполук за умовою задачі за формулою: $n = m(\text{реч.}) / M$

$$n(\text{Cl}_2) = 42,6 / 71 = 0,6 \text{ (моль);}$$

$$n(\text{FeCl}_3)_{\text{практ}} = 48,75 / 162,5 = 0,3 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. Обчислюємо теоретичний вихід ферум (III) хлориду:



$$3 \text{ моль} \quad 2 \text{ моль}$$

Виходячи зі співвідношення кількості речовини сполук: $\nu(\text{Cl}_2) : \nu(\text{FeCl}_3) = 3 : 2$, на 0,6 моль хлору має припадати 0,4 моль ферум (III) хлориду (що складає 100% вихід).

Крок 4. Обчислюємо масову частку виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого (%) за формулою:

$$\eta = \frac{n_{\text{практ.}}}{n_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

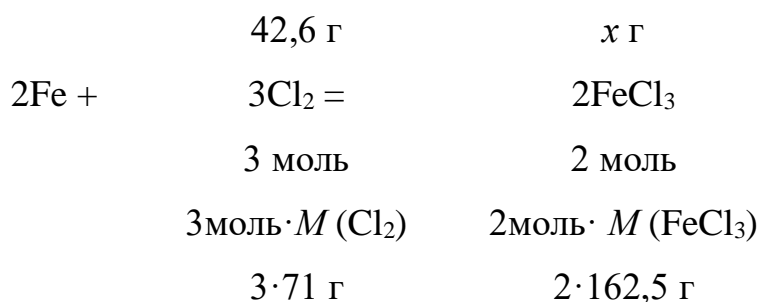
$$\eta = 0,3 / 0,4 \cdot 100\% = 75\%.$$

Відповідь: $\eta = 75\%$.

Варіант II.

Крок 2. Обчислюємо теоретичний вихід ферум (III) хлориду.

Для цього над рівнянням записуємо дані з умови, позначаючи масу продукту реакції за x . Під рівнянням записуємо кількість речовини і молярну масу згідно коефіцієнтам відповідних сполук:



Складаємо пропорцію:

$$42,6 \text{ г} - x \text{ г}$$

$$213 \text{ г} - 325 \text{ г}$$

$$x = 42,6 \cdot 325 / 213 = 65 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо масову частку виходу продукту реакції по відношенню до теоретично можливого

За формулою:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 48,75 / 65 \cdot 100\% = 75\%.$$

Відповідь: $\eta = 75\%$.

Задача 2. В результаті взаємодії 5 моль толуолу з бромом утворилося 1400 г трибромтолуола. Обчисліть масову частку виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого.

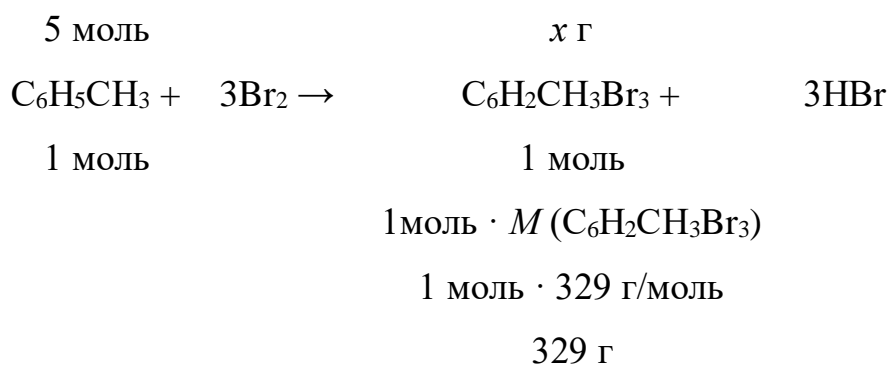
Дано:	Допоміжні дані
$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 5$ моль	$M(\text{C}_6\text{H}_2\text{CH}_3\text{Br}_3) = 329$ г/моль
$m(\text{C}_6\text{H}_2\text{CH}_3\text{Br}_3)_{\text{практ}} = 1400$ г	
$\eta(\text{C}_6\text{H}_2\text{CH}_3\text{Br}_3) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічної реакції:



Крок 2. Обчислимо теоретичний вихід (г) трибромтолуолу (за рівнянням реакції):



Складаємо пропорцію і обчислюємо x:

$$5 \text{ моль} / 1 \text{ моль} = x \text{ г} / 329 \text{ г}$$
$$x = 5 \cdot 329 / 1 = 1645 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо масову частку виходу реакції за відношенням до теоретично можливого за формулою:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 1400 \cdot 100 / 1645 = 85,106 \approx 85 (\%).$$

Відповідь: $\eta (\text{C}_6\text{H}_2\text{CH}_3\text{Br}_3) = 85 \%$.

Задача 3. В ході реакції Зелінського-Казанського з 10 л циклогексану ($\rho = 0,779$ кг/л) добуто 7 л бензолу ($\rho = 0,876$ кг/л). Обчисліть масову частку виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$V (\text{C}_6\text{H}_{12}) = 10$ л	$M (\text{C}_6\text{H}_{12}) = 84$ г/моль
$\rho (\text{C}_6\text{H}_{12}) = 0,779$ кг/л	$M (\text{C}_6\text{H}_6) = 78$ г/моль
$\rho (\text{C}_6\text{H}_6) = 0,876$ кг/л	1 кг = 1000 г
$V (\text{C}_6\text{H}_6)_{\text{практ}} = 7$ л	
$\eta (\text{C}_6\text{H}_6) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу 10 л циклогексану і 7 л бензену.

За формулою:

$$\rho = m / V,$$

$$\text{звідси: } m = \rho \cdot V.$$

$$m (\text{C}_6\text{H}_{12}) = 0,779 \cdot 10 = 7,79 \text{ (кг)} = 7,79 \cdot 10^3 \text{ (г)}.$$

$$m (\text{C}_6\text{H}_6) = 0,876 \cdot 7 = 6,132 \text{ (кг)} = 6,132 \cdot 10^3 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини циклогексану і бензену за умовою задачі.

За формулою: $n = m / M,$

$$n (\text{C}_6\text{H}_{12}) = 7,79 \cdot 10^3 / 84 = 92,738 \approx 92,7 \text{ (моль)};$$

$$n (\text{C}_6\text{H}_6) = 6,132 \cdot 10^3 / 78 = 78,615 \approx 78,6 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. Записуємо рівняння хімічної реакції і встановлюємо співвідношення сполук, зазначених в умові.



1 моль 1 моль

Крок 4. Обчислюємо теоретичний вихід бензену (%).

Виходячи зі співвідношення кількості речовини сполук:

$n(\text{C}_6\text{H}_{12}) : n(\text{C}_6\text{H}_6) = 1 : 1$, на 92,7 моль циклогексану має припадати 92,7 моль бензену. За умовою дано лише 78,6 моль C_6H_6 . В подальшому розрахунки проводимо за бензином.

Крок 5. Обчислюємо масову частку виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого (%).

За формулою:

$$\eta = \frac{n_{\text{практ.}}}{n_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 78,6 / 92,7 \cdot 100\% = 87,7896\% \approx 87,8\%.$$

Відповідь: $\eta = 87,8\%$.

Задача 4. В промисловості амоніак синтезують з азоту повітря і водню. Відомо, що з 200 л повітря було отримано 93,6 л амоніаку. Обчисліть об'ємну частку виходу (%) амоніаку за відношенням до теоретично можливого.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$V(\text{повітря}) = 200 \text{ л}$	$\phi(\text{азоту}) = 78\% = 0,78$
$V(\text{NH}_3) = 93,6 \text{ л}$	$V_{\text{M}}(\text{газу}) = 22,4 \text{ л/моль}$
$\phi(\text{NH}_3) - ?$	

Розв'язання

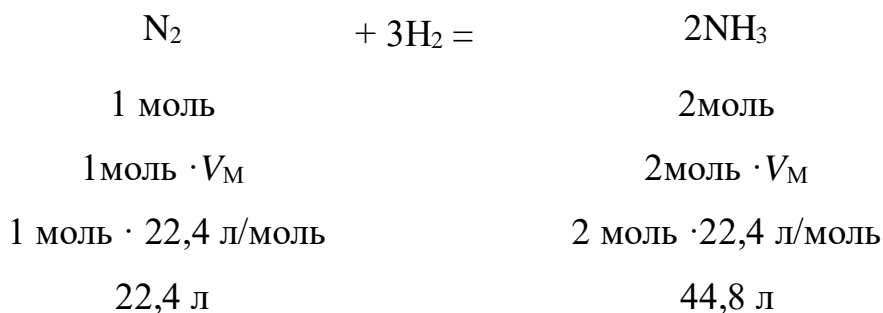
Крок 1. Обчислюємо об'єм азоту в 200 л повітря.

За формулою: $\phi(\text{реч.}) = V(\text{реч.}) / V(\text{сум.})$,

$$V(\text{N}_2) = V(\text{повітря}) \cdot \phi(\text{N}_2) = 200 \cdot 0,78 = 156 \text{ (л)}.$$

Крок 2. Обчислюємо теоретичний (100%) вихід амоніаку за рівнянням хімічної реакції.

Для цього записуємо дані з умови та попередньо отримані дані над рівнянням реакції:



і складаємо пропорцію:

$$\frac{156 \text{ л} - x \text{ л}}{22,4 \text{ л} - 44,8 \text{ л}}$$

$$x = 156 \cdot 44,8 / 22,4 = 312 \text{ (л)}.$$

Крок 4. Обчислюємо об'ємну частку виходу амоніаку за відношенням до теоретично можливого (%) за формулою:

$$\varphi = \frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теор.}}} \cdot 100\%$$

$$\varphi = 93,6 / 312 \cdot 100\% = 30\%.$$

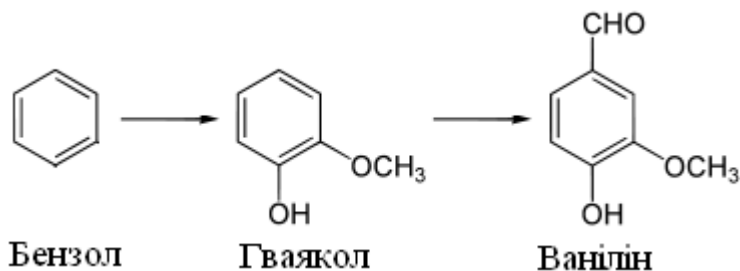
Відповідь: $\varphi = 30\%$.

Заняття 15. ОБЧИСЛЕННЯ ВИХОДУ ПРОДУКТУ (МАСИ, ОБ'ЄМУ, КІЛЬКОСТІ РЕЧОВИНИ) ЗА ВІДНОШЕННЯМ ДО ТЕОРЕТИЧНО МОЖЛИВОГО

Основні поняття: теоретично можливий вихід; практичний вихід; масова частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого; об'ємна частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого.

Задача 1. Ванілін застосовується як ароматизатор в харчовій, парфумерній промисловостях і як напівпродукт для виготовлення фармацевтичних препаратів. З 15000–16000 т ваніліну, що використовується в світі за рік, лише 0,2% приходяться на долю натурального ваніліну. Сьогодні ванілін синтезують

з гваякола, який отримують після ряду перетворень з бензолу, що входить до складу нафти:



Обчисліть масу (кг) ваніліну, який можна отримати з 2 т нафти, що містить 1% бензола, якщо практичний вихід складає 75%.

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{нафти}) = 2 \text{ т} = 2 \cdot 10^6 \text{ г}$	$M(\text{C}_6\text{H}_6) = 78 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{бензолу}) = 1\% = 0,01$	$V_M(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3) = 152 \text{ г/моль}$
$\eta = 75\%$	
$m(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3)_{\text{практ.}} - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу бензолу в 1 т нафти.

За формулою:

$$m(\text{реч.}) = \omega(\text{реч.}) \cdot m(\text{сум.})$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,01 \cdot 2 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^4 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Записуємо схему перетворення бензолу в ванілін:



Крок 3. Обчислюємо теоретичний вихід маси ваніліну з бензолу:

$2 \cdot 10^4 \text{ г}$	$x \text{ г}$
C_6H_6	$\rightarrow \text{C}_6\text{H}_3\text{OCH}_3\text{ONCHO}$
1 моль	1 моль
1 моль $\cdot M$	1 моль $\cdot M$
1 моль $\cdot 78 \text{ г/моль}$	1 моль $\cdot 152 \text{ г/моль}$
78 г	152 г
$x = 2 \cdot 10^4 \cdot 152 / 78 = 3,8974 \approx 3,9 \cdot 10^4 \text{ (г)}.$	

Крок 4. Обчислюємо масу практичного виходу ваніліну.

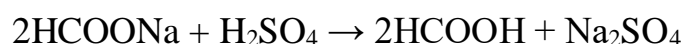
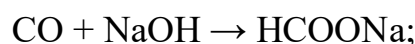
За формулою:

$$m_{\text{практ.}} = \frac{m_{\text{теор.}} \cdot \eta}{100\%}$$

$$m(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3)_{\text{практ}} = 3,9 \cdot 10^4 \cdot 75 / 100 = 2,925 \cdot 10^4 \text{ (г)} = 29,25 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: $m(\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3)_{\text{практ}} = 29,25 \text{ кг}$.

Задача 2. В промисловості мурашину кислоту отримують з карбон (II) оксиду:



Яку масу (кг) кислоти можна отримати з $20 \text{ м}^3 \text{ CO}$, якщо масова частка виходу продукту реакції від теоретично можливого становить 80%?

Дано:	Допоміжні дані
$V(\text{CO}) = 20 \text{ м}^3$	$M(\text{HCOOH}) = 46 \text{ г/моль}$
$\eta = 80\%$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
$m(\text{HCOOH})_{\text{практ}} - ?$	$1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$

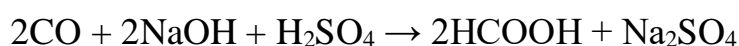
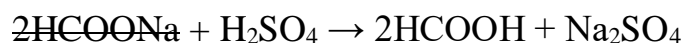
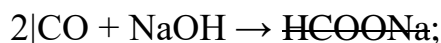
Розв'язання

Крок 1. Переводимо 20 м^3 в літри.

В 1 м^3 міститься 1000 л. Отже, в 20 м^3 міститься: $20 \cdot 1000 = 2 \cdot 10^4 \text{ (л)}$.

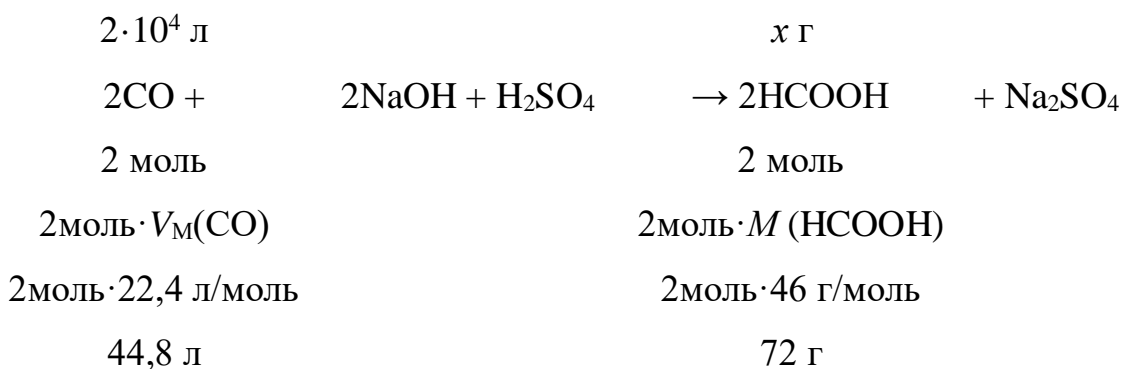
Крок 2. Записуємо сумарне рівняння хімічної реакції отримання мурашиної кислоти.

Скорочуємо формули речовин, що повторюються в лівій і правій частинах рівнянь:



Крок 3. Обчислюємо теоретичний вихід (масу) мурашиної кислоти, що може утворитися з $2 \cdot 10^4 \text{ (л)}$ карбон (II) оксиду

За сумарним рівнянням хімічної реакції:



Складаємо пропорцію і обчислюємо x :

$$x = 2 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 46 / 2 \cdot 22,4 = 2,05357 \cdot 10^4 = 20,5357 \approx 20,5 \text{ (кг)}.$$

Крок 4. Обчислюємо практичний вихід кислоти.

За формулою:
$$m_{\text{практ.}} = \frac{m_{\text{теор.}} \cdot \eta}{100\%}$$

$$m(\text{HCOOH})_{\text{практ}} = 20,5 \cdot 80 / 100 = 16,4 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: $m(\text{HCOOH})_{\text{практ}} = 16,4 \text{ кг}$.

Задача 3. Карбон (II) оксид є відновником у металургійній промисловості.

Який об'єм карбон (II) оксиду утвориться в результаті відновлення коксом карбон (IV) оксиду об'ємом 8,96 л, якщо об'ємна частка виходу реакції за відношенням від теоретично можливого становить 60%?

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{CO}_2) = 8,96 \text{ л}$	$V_M(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ л/моль}$
$\varphi = 60\%$	$V_M(\text{CO}) = 22,4 \text{ л/моль}$
$V(\text{CO}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічної реакції:



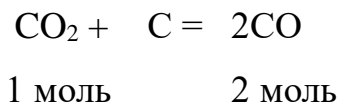
Варіант I.

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини карбон (IV) оксиду за умовою задачі.

За формулою: $n = V / V_M$

$$n(\text{CO}_2) = 8,96 / 22,4 = 0,4 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини CO, що утвориться (теоретичний вихід).



Відповідно до співвідношення $n(\text{CO}_2) : n(\text{CO}) = 1 : 2$, на 0,4 моль карбон (IV) оксиду припадає у два рази більше – 0,8 моль карбон оксиду (II) (що складає 100% вихід).

Крок 4. Обчислюємо вихід від теоретично можливого за формулою:

$$n_{\text{практ.}} = \frac{\eta \cdot n_{\text{теор.}}}{100\%}$$

$$n_{\text{практ.}} = 60\% \cdot 0,8 / 100\% = 0,48 \text{ (моль)}.$$

Крок 5. Обчислюємо об'єм CO.

За формулою:

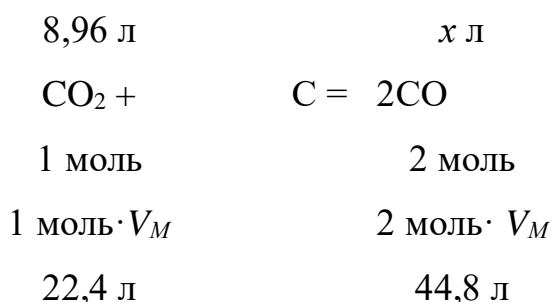
$$V = n \cdot V_M$$

$$V(\text{CO}) = 0,48 \cdot 22,4 = 10,752 \text{ (л)}.$$

Відповідь: $V(\text{CO}) = 10,752 \text{ л}$.

Варіант II.

Крок 2. Обчислюємо теоретичний вихід CO. Для цього над рівнянням хімічної реакції записуємо дані з умови, позначаючи об'єм продукту реакції за x . Під рівнянням записуємо кількість речовини і молярний об'єм згідно коефіцієнтам відповідних сполук:



Складаємо пропорцію:

$$8,96 \text{ л} - x \text{ л}$$

$$22,4 \text{ л} - 44,8 \text{ л}$$

$$x = 8,96 \cdot 44,8 / 22,4 = 17,92 \text{ (л)}.$$

Крок 3. Обчислюємо практичний вихід продукту реакції за відношенням до теоретично можливого за формулою:

$$V_{\text{практ.}} = \frac{\varphi \cdot V_{\text{теор.}}}{100\%}$$

$$V_{\text{практ.}} = 60 \cdot 17,92 / 100 = 10,752 \text{ (л)}.$$

Відповідь: $V_{\text{практ.}} = 10,752 \text{ л}$.

Заняття 16. ОБЧИСЛЕННЯ РЕАГЕНТІВ ЗА МАСОВОЮ АБО ОБ'ЄМНОЮ ЧАСТКОЮ ВИХОДУ РЕАКЦІЇ

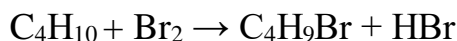
Основні поняття: теоретично можливий вихід; практичний вихід; масова частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого; об'ємна частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого.

Задача 1. Під час бромовання бутану утворилося 30,825 г бромобутану. Масова частка виходу продукту реакції по відношенню до теоретично можливого становить 75%. Обчисліть об'єм бутану, що вступив у реакцію.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\eta = 75\%$	$M(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}) = 137 \text{ г/моль}$
$m(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br})_{\text{практ}} = 30,825 \text{ г}$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
<i>Знайти:</i>	
$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічної реакції:



Крок 2. Обчислюємо теоретичний вихід бромобутану.

За формулою:

$$m_{\text{теор.}} = \frac{m_{\text{практ.}} \cdot 100\%}{\eta}$$

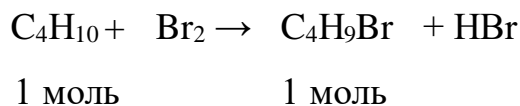
$$m(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br})_{\text{теор}} = 30,825 \cdot 100 / 75 = 41,1 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини бромобутану (теоретичний вихід).

За формулою: $n = m / M$

$$n(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}) = 41,1 / 137 = 0,3 \text{ (моль)};$$

Крок 4. Обчислюємо кількість речовини бутану, що вступив у реакцію.



Відповідно до співвідношення $n(\text{C}_4\text{H}_{10}) : n(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}) = 1 : 1$, на 0,3 моль бромобутану припадає 0,3 моль бутану.

Крок 5. Обчислюємо об'єм бутану, що вступив у реакцію за формулою:

$$V = n \cdot V_M$$

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,3 \cdot 22,4 = 6,72 \text{ (л)}.$$

Відповідь: $V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 6,72 \text{ л}$.

Задача 2. Вихід смоли від теоретично можливого в результаті реакції поліконденсації фенолу и формальдегіду складає 70%. Обчисліть, яка маса (кг) фенолу необхідна для одержання 20 кг смоли.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\eta = 70\%$	$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 137 \text{ г/моль}$
$m(\text{смоли})_{\text{практ}} = 21 \text{ кг} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ г}$	$M(\text{смоли}) = 106 \text{ г/моль}$
$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо теоретичний вихід маси смоли.

За формулою:

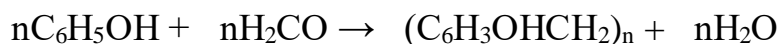
$$m_{\text{теор.}} = \frac{m_{\text{практ.}} \cdot 100\%}{\eta}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_3\text{OHCH}_2)_n_{\text{теор}} = 2,1 \cdot 10^4 \cdot 100 / 70 = 3 \cdot 10^4 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини фенолформальдегіду (теоретичний вихід) за формулою: $n = m / M$

$$n(\text{C}_6\text{H}_3\text{OHCH}_2)_n = 3 \cdot 10^4 / 106 = 283,018 \approx 283 \text{ (моль)};$$

Крок 3. Записуємо рівняння хімічної реакції і встановлюємо співвідношення фенолу і смоли:



n моль

n моль

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) : n(\text{C}_6\text{H}_3\text{OHCH}_2)_n = 1 : 1.$$

Крок 4. Обчислюємо масу фенолу.

З рівняння реакції випливає, що з n моль фенолу утворюється n моль смоли. Отже для отримання 283 моль смоли необхідно 283 моль фенолу.

$$m(\text{фенолу}) = n(\text{фенолу}) \cdot M(\text{фенолу})$$

$$m(\text{фенолу}) = 283 \cdot 94 = 26602 \text{ (г)} = 26,602 \text{ (кг)} \approx 26,6 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: $m(\text{фенолу}) = 26,6 \text{ кг}$.

Задача 3. Негашене вапно CaO широко використовують в будівництві. Кальцій оксид одержують при прожарюванні вапняку. Обчисліть, яка маса (т) вапняку, що містить 20% домішок необхідна для одержання 22,4 т кальцій оксиду? Вихід продукту реакції від теоретично складає 80%.

<i>Дано:</i>	<i>Допоміжні дані</i>
$\eta = 80\%$	$M(\text{CaO}) = 56 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{домішок}) = 20\%$	$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$
$m(\text{CaO})_{\text{практ}} = 22,4 \text{ т} = 2,24 \cdot 10^7 \text{ г}$	
$m(\text{CaCO}_3) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо теоретичний вихід маси кальцій оксиду за формулою:

$$m_{\text{теор.}} = \frac{m_{\text{практ.}} \cdot 100\%}{\eta}$$

$$m(\text{CaO})_{\text{теор}} = 2,24 \cdot 10^7 \cdot 100 / 80 = 2,8 \cdot 10^7 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини CaO (теоретичний вихід).

За формулою:

$$n = m / M$$

$$n(\text{CaO}) = 2,8 \cdot 10^7 / 56 = 0,05 \cdot 10^7 \text{ (моль)};$$

Крок 3. Записуємо рівняння хімічної реакції і встановлюємо співвідношення сполук.



1 моль 1 моль

$$n(\text{CaCO}_3) : n(\text{CaO}) = 1 : 1.$$

Крок 4. Обчислюємо масу кальцій карбонату.

З рівняння реакції випливає, що з 1 моль кальцій карбонату утворюється 1 моль кальцій оксиду. Отже для отримання $0,05 \cdot 10^7$ моль CaO необхідно $0,05 \cdot 10^7$ моль CaCO₃.

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 0,05 \cdot 10^7 \cdot 100 = 5 \cdot 10^7 \text{ (г)}.$$

Крок 5. Обчислюємо масову частку кальцій карбонату у вапняку.

За формулою:

$$\omega(\text{суміші}) = \omega(\text{речовини}) + \omega(\text{домішок}) = 100\%$$

$$\omega(\text{р-ни}) = 100\% - \omega(\text{домішок})$$

$$\omega(\text{CaCO}_3) = 100\% - 20\% = 80\% (0,8).$$

Крок 6. Обчислюємо масу вапняку за формулою:

$$\omega(\text{р-ни}) = m(\text{р-ни}) / m(\text{сум.})$$

$$m(\text{сум.}) = m(\text{реч.}) / \omega(\text{реч.})$$

$$m(\text{вапняку}) = 5 \cdot 10^7 / 0,8 = 6,25 \cdot 10^7 \text{ (г)} = 6,25 \text{ (т)}.$$

Відповідь: $m(\text{вапняку}) = 6,25 \text{ т}$.

Заняття 17. ЗАКЛЮЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Задачі для самостійного розв'язування.

Задача 1. На теплоелектростанціях, як паливо використовують (природний газ) метан, кокс, торф. Встановіть, тепловий ефект горіння якого з палив є найбільш ефективним, якщо при спалюванні 4 л метану виділяється 159 кДж, 5 кг вугілля (С) – 170833 кДж, 10 кг торфу (С) – 96000кДж.

Задача 2. До водного розчину масою 8 г з масовою часткою етанолу 22% прилили надлишок аміачного розчину оксиду срібла. Обчисліть масу утвореного осаду.

Задача 3. Обчисліть вміст метану (%) в суміші з киснем, якщо відомо, що 9 мл газової суміші після спалювання метану зменшилась в об'ємі на 0,45 мл. Вважати, що пара води сконденсувалася повністю.

Задача 4. До суміші 2 л метану й ацетилену добавлено 2 л водню. Після того, як уся суміш була пропущена над нагрітим платиновим каталізатором, її об'єм зменшився до 3,2 л, а продукти реакції не містили ненасичених вуглеводнів. Визначити об'ємні частки вуглеводнів у вихідній суміші якщо всі об'єми газів виміряні за однакових умов.

Додатки

Додаток 1

Періодична система хімічних елементів

ПЕРІОДИ	ГРУПИ ЕЛЕМЕНТІВ																	
	A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII								B
1	H Гідроген																	He Гелій
2	Li Літій	Be Берилій	B Бор	C Карбон	N Нітроген	O Оксиген	F Флуор	Ne Неон									Ar Аргон	
3	Na Натрій	Mg Магній	Al Алюміній	Si Силіцій	P Фосфор	S Сульфур	Cl Хлор	Ar Аргон									Ar Аргон	
4	K Калій	Ca Кальцій	Sc Скандій	Ti Титан	V Ванадій	Cr Хром	Mn Манган	Fe Ферум	Co Кобальт	Ni Нікол								
5	Rb Рубідій	Sr Стронцій	Y Ітрій	Zr Цирконій	Nb Ніобій	Mo Молюбден	Tc Технецій	Ru Рутеній	Rh Родій	Pd Паладій								
6	Cs Цезій	Ba Барій	La* Лантан	Hf Гафній	Ta Тантал	W Вольфрам	Re Реній	Os Осміє	Ir Ірідій	Pt Платина								
7	Fr Францій	Ra Радій	Ac** Актиній	Rf Резерфордій	Db Дубній	Sg Сиборгій	Bh Борій	Hs Гасій	Mt Майтнерій	Uun Унунілій								
Висні оксиди	R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄			
Легкі водневі сполуки					RH ₄		RH ₃		RH ₂		RH							
*	Ce Церій	Pr Празеодим	Nd Неодим	Pm Прометій	Sm Самарій	Eu Європій	Gd Гадоліній	Tb Тербій	Dy Диспрозій	Ho Гольмій	Er Ербій	Tm Тулій	Yb Ітербій	Lu Лютецій				
**	Th Торій	Pa Практиній	U Уран	Np Нептуній	Pu Плутоній	Am Америцій	Cm Кюрій	Bk Берклій	Cf Каліфорній	Es Ейнштейній	Fm Фермій	Md Менделевій	No Нобелій	Lr Лауренцій				

Додаток 2

Таблиця відносних молекулярних мас неорганічних сполук

	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺
O ²⁻			62	94	153	56	40	102	152	72	160	71	81	80	232	223
OH ⁻	18	35	40	56	171	74	58	78	103	90	107	89	99	98	—	241
Cl ⁻	36,5	53,5	58,5	74,5	208	111	95	133,5	158,5	127	162,5	126	136	135	143,5	278
Br ⁻	81	98	103	119	297	200	184	267	292	216	296	215	225	224	188	367
I ⁻	128	145	150	166	391	294	278	408	433	310	437	309	319	—	235	461
NO ₃ ⁻	63	80	85	101	261	164	148	213	238	180	242	179	189	188	170	331
S ²⁻	34	68	78	110	169	72	56	150	—	88	—	87	97	96	248	239
SO ₃ ²⁻	82	116	126	158	217	120	104	294	344	136	352	135	145	144	294	287
SO ₄ ²⁻	98	132	142	174	233	136	120	342	392	152	400	151	161	160	312	303
CO ₃ ²⁻	62	96	106	138	197	100	84	234	284	116	292	115	125	124	276	267
SiO ₃ ²⁻	78	112	122	154	213	116	100	282	332	132	340	131	141	140	292	283
PO ₄ ³⁻	98	149	164	212	601	310	262	122	147	358	151	355	385	382	419	811

Таблиця відносних молекулярних мас органічних сполук

	—	—H	—OH	—Cl	—Br	—NO ₂	—NH ₂	—CH ₃	—CHO	—COOH
H	1	2	18	36,5	81	47	17	16	30	46
CH ₃ —	15	16	32	50,5	95	61	31	30	44	60
C ₂ H ₅ —	29	30	46	64,5	109	75	45	44	58	74
C ₃ H ₇ —	43	44	60	78,5	123	89	59	58	72	88
C ₄ H ₉ —	57	58	74	92,5	137	103	73	72	86	102
C ₅ H ₁₁ —	71	72	88	106,5	151	117	87	86	100	116
C ₁₅ H ₃₁ —	211	212	228	246,5	291	257	227	226	240	256
C ₁₇ H ₃₅ —	239	240	256	274,5	319	285	255	254	268	284
CH ₂ —CH—	27	28	—	62,5	107	73	43	42	56	72
C ₆ H ₅ —	77	78	94	112,5	157	123	93	92	106	122

Ряд активності металів (електрохімічний ряд напруг)

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

Активність металів зменшується

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Вороненко Тетяна Іванівна

Розв'язування задач з хімії. 10-11 класи

навчальний посібник

(Електронне видання)

Обсяг вид. 4,0 авт. арк.

Видавництво «Педагогічна думка»
04053, м. Київ,
вул. Січових Стрільців, 52-а, корп. 2;
тел./факс: (044) 481-38-85
e-mail: book-x1@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК № 3563 від 28.08. 2009 р.