

Практичне заняття. 1.

Тема. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ХІМІЇ.

Мета. Навчитися визначати еквіваленти елементів у сполучі та еквіваленти сполук, пояснювати, що показує хімічна формула, розставляти коефіцієнти в рівняннях хімічних реакцій, визначати їх тип за ознакою числа та складу реагентів і продуктів; проводити типові розрахунки за хімічною формулою, розраховувати молярну масу еквівалента; розраховувати молярну масу газоподібних сполук; проводити типові розрахунки за рівнянням хімічної реакції, за законами Авогадро, об'ємних співвідношень, еквівалентів.

Вступ. При вивченні дисципліни «Неорганічна хімія» формування системи знань починається з розгляду основних хімічних понять та стехіометричних законів. Опанування наступних тем курсу відбувається з опорою на основні поняття, такі як: «атом», «молекула», «речовина» тощо. На стехіометричних законах ґрунтується проведення типових хімічних розрахунків. Таким чином, засвоєння зазначених понять і законів є умовою успішного опанування курсу в цілому.

План.

1. Основні поняття хімії: атом, молекула, хімічний елемент, відносна атомна маса, відносна молекулярна маса, моль, молярна маса речовини.
2. Прості та складні речовини. Алотропія. Хімічні формули. Хімічна реакція, її ознаки.
3. Стехіометричні закони хімії. Закон збереження маси та енергії.
4. Закон сталості складу. Стехіометричні та нестехіометричні сполуки. Дальтоніди та бертоліди.
5. Закони газового стану: закон Авогадро та висновки з нього; рівняння Менделєєва-Клапейрона.
6. Закон еквівалентів (хімічний еквівалент, молярна маса еквівалента, молярний об'єм еквівалента).

Приклади розв'язання типових задач і виконання завдань

Приклад 1. Розрахуйте відносну масу формульної одиниці $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Розв'язання:

$$\begin{aligned} M_r((\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) &= 2 \cdot A_r(\text{Al}) + 3 \cdot A_r(\text{S}) + 12 \cdot A_r(\text{O}) = \\ &= 2 \cdot 27 + 3 \cdot 32 + 12 \cdot 16 = 342 . \end{aligned}$$

Оскільки чисельне значення M , виражене в г/моль, чисельно збігається із значенням M_r , то

$$M((\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 342 \text{ г/моль.}$$

Приклад 2. Визначте масу молекули води.

Розв'язання:

$$\begin{aligned} M_r(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{m_{\text{молекули}}(\text{H}_2\text{O})}{1/12 m_a \text{C}} \Rightarrow \\ m_{\text{молекули}}(\text{H}_2\text{O}) &= M_r(\text{H}_2\text{O}) \cdot 1/12 m_a \text{C} = 18 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = \\ &= 2,99 \cdot 10^{-26} \text{ кг} . \end{aligned}$$

Приклад 3. Визначте масу молекули води, не використовуючи значення а. о. м.

Розв'язання: Молярна маса води ($M(\text{H}_2\text{O})$) дорівнює 18 г/моль. Використовуючи значення молярної маси і відомості про число молекул, що містяться в 1 молі речовини, розраховуємо абсолютну масу молекули H_2O :

$$m_{\text{молекули}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{N_A} = \frac{18 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 2,99 \cdot 10^{-23} \text{ г} = 2,99 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

Приклад 4. Маса зразка азоту становить 14 г. Обчислити: а) кількість речовини азоту; б) об'єм, який займає азот за нормальних умов (н. у.); в) кількість молекул і атомів, що містяться у зразку азоту зазначеної маси.

Розв'язання: а) розраховуємо кількість речовини азоту:

$$n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{14 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}.$$

б) розраховуємо об'єм, який зразок азоту займає за н. у.:

перший спосіб:

$$V(\text{N}_2) = n(\text{N}_2) \cdot V_m = 0,5 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 11,2 \text{ л};$$

другий спосіб: прирівнявши

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

знаходимо

$$V = \frac{m \cdot V_m}{M} = \frac{14 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{28 \text{ г/моль}} = 11,2 \text{ л};$$

в) розраховуємо кількість молекул азоту:

$$N(\text{N}_2) = n(\text{N}_2) \cdot N_A = 0,5 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ молекул}.$$

Розраховуємо кількість атомів Нітрогену, врахувавши, що одна молекула складається з двох атомів. Отже, в $3,01 \cdot 10^{23}$ молекул азоту міститься $6,02 \cdot 10^{23}$ атомів Нітрогену.

Приклад 5. Який об'єм займають 10 г ртуті, якщо густина ртуті при 298 К дорівнює $1,36 \cdot 10^4$ кг/м³?

Розв'язання:

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

$$V(\text{Hg}) = \frac{m(\text{Hg})}{\rho(\text{Hg})} = \frac{1 \cdot 10^{-2} \text{ кг}}{1,36 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3} = 7,35 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Приклад 6. Визначте молярну масу газу, якщо його густина за повітрям становить 2.

Розв'язання:

$$D_{\text{пов}} = \frac{M(\text{газу})}{M(\text{пов})} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M(\text{газу}) = M(\text{пов}) \cdot D_{\text{пов}} = 29 \text{ г/моль} \cdot 2 = 58 \text{ г/моль}.$$

Приклад 7. Розрахуйте: а) еквівалент і б) молярну масу еквівалента хімічного елемента Фосфору в сполуках PH_3 та P_2O_5 .

Розв'язання: а)
$$E(X) = \frac{1}{z(X)},$$

де $z(X)$ число еквівалентності, що дорівнює валентності хімічного елемента у сполуці.

$$E(P)_{PH_3} = \frac{1}{3}; E(P)_{P_2O_5} = \frac{1}{5}.$$

б)
$$M_{\text{екв}}(X) = \frac{M(X)}{z(X)},$$

де $M(X)$ - молярна маса хімічного елемента.

$$M_{\text{екв}}(P)_{PH_3} = \frac{31}{3} = 10,33 \text{ г/моль},$$

$$M_{\text{екв}}(P)_{P_2O_5} = \frac{31}{5} = 6,2 \text{ г/моль}.$$

Приклад 8. Розрахуйте: а) еквівалент і б) молярну масу еквівалента оксиду - P_2O_5 .

Розв'язання: а)
$$E(R_xO_y) = \frac{1}{z(R_xO_y)},$$

де $z(R_xO_y)$ - число еквівалентності оксиду, що дорівнює добутку валентності хімічного елемента (R) та кількості його атомів (Ч_a) у сполуці:

$$E(P_2O_5) = \frac{1}{5 \cdot 2} = \frac{1}{10};$$

б) перший спосіб:

$$M_{\text{екв}}(R_xO_y) = \frac{M(R_xO_y)}{z(R_xO_y)},$$

де $M(R_xO_y)$ - молярна маса оксиду R_xO_y .

$$M_{\text{екв}}(P_2O_5) = \frac{M(P_2O_5)}{z(P_2O_5)} = \frac{142}{5 \cdot 2} = 14,2 \text{ г/моль};$$

другий спосіб:

$$M_{\text{екв}}(R_xO_y) = M_{\text{екв}}(R) + M_{\text{екв}}(O) = \frac{M(R)}{z(R)} + \frac{M(O)}{z(O)},$$

$$M_{\text{екв}}(P_2O_5) = M_{\text{екв}}(P) + M_{\text{екв}}(O) = \frac{M(P)}{z(P)} + \frac{M(O)}{z(O)} =$$

$$= \frac{31}{5} + \frac{16}{2} = 14,2 \text{ г/моль}.$$

Приклад 9. Розрахуйте: а) еквівалент і б) молярну масу еквівалента амфотерного гідроксиду - $Al(OH)_3$.

Розв'язання: а)
$$E(R(OH)_x) = \frac{1}{z(R(OH)_x)},$$

де $z(R(OH)_x)$ - число еквівалентності, що дорівнює кислотності (кількості гідроксогруп) гідроксиду:

$$E(Al(OH)_3) = \frac{1}{3};$$

б) перший спосіб:

$$M_{\text{екв}}(\text{R}(\text{OH})_x) = \frac{M(\text{R}(\text{OH})_x)}{z(\text{R}(\text{OH})_x)},$$

де $M(\text{R}(\text{OH})_x)$ - молярна маса формульної одиниці амфотерного гідроксиду.

$$M_{\text{екв}}(\text{Al}(\text{OH})_3) = \frac{M(\text{Al}(\text{OH})_3)}{3} = \frac{78}{3} = 26 \text{ г/моль};$$

другий спосіб:

$M_{\text{екв}}(\text{R}(\text{OH})_x) = M_{\text{екв}}(\text{R}^{x+}) + M_{\text{екв}}(\text{OH}^-) = \frac{M(\text{R}^{x+})}{X} + \frac{M(\text{OH}^-)}{1}$, де X та 1 - цифрові значення зарядів йонів, яким дорівнюють числа еквівалентності йонів.

$$\begin{aligned} M_{\text{екв}}(\text{Al}(\text{OH})_3) &= M_{\text{екв}}(\text{Al}^{3+}) + M_{\text{екв}}(\text{OH}^-) = \frac{27}{3} + \frac{17}{1} = \\ &= 26 \text{ г/моль}. \end{aligned}$$

Зауважимо, що аналогічний спосіб розрахунку використовується для основ.

Приклад 10. Розрахуйте: а) еквівалент і б) молярну масу еквівалента кислоти - H_3PO_4 .

Розв'язання: а) $E(\text{H}_x\text{An}) = \frac{1}{z(\text{H}_x\text{An})};$

де $z(\text{H}_x\text{An})$ - число еквівалентності, що дорівнює основності (як правило, кількості атомів Гідрогену) кислоти:

$$E(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3},$$

б) перший спосіб:

$$M_{\text{екв}}(\text{H}_x\text{An}) = \frac{M(\text{H}_x\text{An})}{z(\text{H}_x\text{An})},$$

де $M(\text{H}_x\text{An})$ - молярна маса кислоти.

$$M_{\text{екв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{3} = \frac{98}{3} = 32,67 \text{ г/моль}.$$

другий спосіб:

$$M_{\text{екв}}(\text{H}_x\text{An}) = M_{\text{екв}}(\text{H}^+) + M_{\text{екв}}(\text{An}^{x-}) = \frac{M(\text{H}^+)}{1} + \frac{M(\text{An}^{x-})}{X},$$

де X та 1 - цифрові значення зарядів йонів, яким дорівнюють числа еквівалентності йонів.

$$\begin{aligned} M_{\text{екв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) &= M_{\text{екв}}(\text{H}^+) + M_{\text{екв}}(\text{PO}_4^{3-}) = \frac{1}{1} + \frac{95}{3} = \\ &= 32,67 \text{ г/моль}. \end{aligned}$$

Приклад 11. Розрахуйте: а) еквівалент і б) молярну масу еквівалента солі.

Розв'язання: а) $E(\text{Me}_x\text{An}_y) = \frac{1}{z(\text{Me}_x\text{An}_y)},$

де $z(\text{Me}_x\text{An}_y)$ - число еквівалентності солі, що дорівнює добутку валентності (заряду) на кількість атомів (йонів) металічного елемента (або йону амонію NH_4^+ для амонійних солей):

$$E(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{1}{2 \times 3} = \frac{1}{6};$$

б) перший спосіб: $M_{\text{екв}}(Me_x An_y) = \frac{M(Me_x An_y)}{z(Me_x An_y)}$,

де $M(Me_x An_y)$ - молярна маса формульної одиниці солі.

$$M_{\text{екв}}(Al_2(SO_4)_3) = \frac{M(Al_2(SO_4)_3)}{z(Al_2(SO_4)_3)} = \frac{342}{6} = 57 \text{ г/моль};$$

другий спосіб:

$$\begin{aligned} M_{\text{екв}}(Me_x An_y) &= M_{\text{екв}}(Me^{y+}) + M_{\text{екв}}(An^{x-}) = \\ &= \frac{M(Me^{y+})}{Y} + \frac{M(An^{x-})}{X}; \end{aligned}$$

де X та Y - цифрові значення зарядів йонів, яким дорівнюють числа еквівалентності йонів.

$$M_{\text{екв}}(Al_2(SO_4)_3) = M_{\text{екв}}(Al^{3+}) + M_{\text{екв}}(SO_4^{2-}) = \frac{M(Al^{3+})}{3} + \frac{M(SO_4^{2-})}{2} = \frac{27}{3} + \frac{96}{2} = 57 \text{ г/моль}.$$

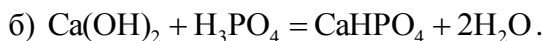
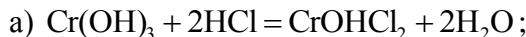
Приклад 12. Розрахуйте еквівалентний об'єм газів – кисню та водню.

Розв'язання. У розрахунках за законом еквівалентів найчастіше використовуються значення еквівалентних об'ємів кисню та водню, їх розраховують так:

$$V_{\text{екв}}(H_2) = \frac{V_m}{z(H_2)} = \frac{22,4}{1 \times 2} = 11,2 \text{ л/моль},$$

$$V_{\text{екв}}(O_2) = \frac{V_m}{z(O_2)} = \frac{22,4}{2 \cdot 2} = 5,6 \text{ л/моль}.$$

Приклад 13. Розрахуйте еквіваленти та молярні маси еквівалентів реагентів за рівнянням реакції:



Розв'язання: а) в обмінній реакції еквівалент реагенту визначають за стехіометричним співвідношенням речовин. 1 моль $Cr(OH)_3$ взаємодіє з 2 молями катіонів Гідрогену *одноосновної* кислоти HCl . Отже, на один моль катіонів H^+ припадає 1/2 моля амфотерного гідроксиду $Cr(OH)_3$, тому еквівалент $Cr(OH)_3$ в цій реакції дорівнює 1/2, а еквівалент HCl – 1. Розраховуємо молярну масу еквівалентів реагентів:

$$m_{\text{екв}}(HCl) = \frac{M(HCl)}{z(HCl)} = \frac{36,5 \text{ г/моль}}{1} = 36,5 \text{ г/моль},$$

$$m_{\text{екв}}(Cr(OH)_3) = \frac{M(Cr(OH)_3)}{z(Cr(OH)_3)} = \frac{103 \text{ г/моль}}{2} = 51,5 \text{ г/моль};$$

б) на 1 моль *двокислотної* основи $Ca(OH)_2$ витрачається 2 молі катіонів Гідрогену. Отже, на 1 моль H^+ припадає 1/2 моль $Ca(OH)_2$. З іншого боку, в 1 молі фосфатної кислоти відбувається заміщення 2 молів катіона Гідрогену, тобто на 1 моль H^+ припадає 1/2 моль H_3PO_4 , що вступає в реакцію. Тому еквіваленти $Ca(OH)_2$ та H_3PO_4 в цій реакції однакові і становлять 1/2. Розраховуємо молярну масу еквівалентів реагуючих речовин:

$$m_{\text{екв}}(Ca(OH)_2) = \frac{M(Ca(OH)_2)}{z(Ca(OH)_2)} = \frac{74 \text{ г/моль}}{2} = 37 \text{ г/моль},$$

$$m_{\text{екв}}(H_3PO_4) = \frac{M(H_3PO_4)}{z(H_3PO_4)} = \frac{98 \text{ г/моль}}{2} = 49 \text{ г/моль}.$$

Приклад 14. Об'єм газу при 23⁰С і тиску 103,3 кПа дорівнює 250 л. Визначте об'єм газу за: а) нормальних умов; б) стандартних умов (ст. у.)?

Розв'язання: а) за рівнянням об'єднаного закону газового стану розраховуємо об'єм газу за н. у.:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_n V_n}{T_n} \Rightarrow V_n = \frac{PVT_n}{TP_n} = \frac{101,3 \text{ кПа} \cdot 250 \text{ л} \cdot 273 \text{ К}}{296 \text{ К} \cdot 101,3 \text{ кПа}} = 235 \text{ л};$$

б) стандартні умови: $T_0=298 \text{ К}$ ($t_0=25^0\text{C}$); $P_0=101,3 \text{ кПа}$. За рівнянням об'єднаного закону газового стану розраховуємо об'єм газу за ст. у.:

$$V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{103,3 \text{ кПа} \cdot 250 \text{ л} \cdot 298 \text{ К}}{296 \text{ К} \cdot 101,3 \text{ кПа}} = 257 \text{ л}.$$

Приклад 15. Об'єм H_2S , виміряний при $t=17^0\text{C}$ та тиску 98,64 кПа, становить 1,8 л. Розрахуйте густину H_2S за н. у. і за зазначених умов.

Розв'язання. Задачі такого типу зручніше розв'язувати за рівнянням Менделєєва-Клапейрона, обов'язково беручи до уваги необхідність застосування відповідних одиниць вимірювання. Оскільки ми обираємо величину універсальної газової сталої $R = 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{кг}$, то слід попередньо перевести й усі вихідні дані у міжнародні одиниці вимірювання СІ. Маємо: температура $T = 17^0\text{C} = 290 \text{ К}$, тиск $P = 98,64 \text{ кПа} = 98640 \text{ Па}$, об'єм $V = 1,8 \text{ л} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, а маса, яку знайдемо внаслідок обчислень, буде виражатися у кг.

Тепер розраховуємо масу H_2S :

$$PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow m = \frac{PVM}{RT} = \frac{98640 \text{ Па} \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 34 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 290 \text{ К}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

Розраховуємо густину H_2S за н. у.:

$$\rho(\text{H}_2\text{S})_{\text{н.у.}} = \frac{m}{V} = \frac{M}{V_m} = \frac{34 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}} = 1,52 \text{ кг/м}^3.$$

Розраховуємо густину H_2S за зазначених умов:

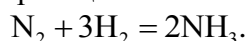
$$\rho(\text{H}_2\text{S}) = \frac{m}{V} = \frac{M}{V} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 1,39 \text{ кг/м}^3.$$

Розрахунок густини H_2S можна також провести, використовуючи рівняння Менделєєва-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow P = \frac{m}{V} RT \Rightarrow P = \frac{\rho RT}{M} \Rightarrow \rho(\text{H}_2\text{S}) = \frac{PM}{RT} = \frac{98640 \text{ Па} \cdot 34 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 290 \text{ К}} = 1,39 \text{ кг/м}^3.$$

Приклад 16. Який об'єм займатиме амоніак, якщо відомо, що об'єм водню, який з ним прореагував, становить 450 м³. Об'єми газів виміряні за однакових умов.

Розв'язання. Складаємо рівняння хімічної реакції:



За рівнянням реакції визначаємо об'ємні співвідношення газів у реакції:

$$V(\text{H}_2) : V(\text{NH}_3) = 3 : 2 = 1,5 : 1.$$

Отже, об'єм утвореного амоніаку в 1,5 раза менший за об'єм водню. Розраховуємо об'єм утвореного амоніаку:

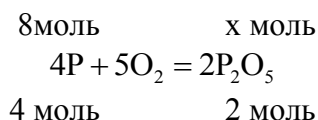
$$V(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{H}_2)}{1,5} = \frac{450}{1,5} = 300 \text{ м}^3.$$

Приклад 17. Розрахуйте, яка кількість фосфор(V) оксиду утвориться при горінні 8 моль фосфору у надлишку кисню.

Алгоритм 1 Знаходження маси (об'єму, кількості) однієї із взаємодіючих речовин за відомою масою (об'ємом, кількістю) іншої речовини (відома кількість однієї речовини $n_1 \rightarrow$ невідома кількість іншої речовини n_2).

- 1 Складаємо рівняння хімічної реакції.
- 2 Встановлюємо речовину, кількість якої відома, і речовину, кількість якої необхідно розрахувати. Підкреслюємо формули цих речовин у рівнянні хімічної реакції.
- 3 Під формулами речовин, які встановили, записуємо їх кількості (кількості цих речовин збігаються з коефіцієнтами, які стоять перед їх формулами у рівнянні хімічної реакції).
- 4 Над формулою однієї речовини (кількість якої відома за умовою) записуємо її кількість, а над формулою іншої речовини (кількість якої необхідно знайти) записуємо x .
- 5 Складаємо пропорцію і визначаємо x .

Розв'язання:



5 Складаємо пропорцію і визначаємо x .



$$x = \frac{8 \text{ моль} \cdot 2 \text{ моль}}{4 \text{ моль}} = 4 \text{ моль}.$$

Приклад 18. Розрахуйте, яка маса фосфор(V) оксиду утвориться при горінні 248 г фосфору у надлишку кисню.

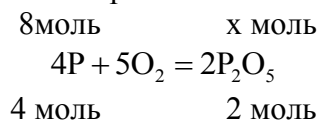
Алгоритм 2 Знаходження маси (об'єму, кількості) однієї із взаємодіючих речовин за відомою масою (об'ємом, кількістю) іншої речовини (відома маса однієї речовини $m_1 \rightarrow$ невідома маса іншої речовини m_2).

- 1 За формулою знаходимо кількість речовини, маса якої дана за умовою задачі.
- 2 Виконуємо дії за алгоритмом 1.
- 3 За формулою розраховуємо масу речовини, яка була невідома.

Розв'язання: 1 Знаходимо кількість речовини, маса якої дана за умовою задачі:

$$n(\text{P}) = \frac{m(\text{P})}{M(\text{P})} = \frac{248 \text{ г}}{31 \text{ г/моль}} = 8 \text{ моль}.$$

2 Виконуємо дії за алгоритмом 1:



$$x = \frac{8 \text{ моль} \cdot 2 \text{ моль}}{4 \text{ моль}} = 4 \text{ моль}.$$

Розраховуємо масу речовини, яка була невідома:

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = n(\text{P}_2\text{O}_5) \cdot M(\text{P}_2\text{O}_5) = 4 \text{ моль} \cdot 142 \text{ г/моль} = 568 \text{ г.}$$

Приклад 19. При взаємодії 1,215 г невідомого металу з сульфатною кислотою виділяється 1,12 л водню (н. у.). Розрахуйте молярну масу еквівалента металу і визначте метал.

Розв'язання. За законом еквівалентів розраховуємо молярну масу еквівалента металу:

$$\begin{aligned} \frac{m(\text{Me})}{V(\text{H}_2)} &= \frac{m_{\text{екв}}(\text{Me})}{V_{\text{екв}}(\text{H}_2)} \Rightarrow m_{\text{екв}}(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot V_{\text{екв}}(\text{H}_2)}{V(\text{H}_2)} = \\ &= \frac{1,215 \text{ г} \cdot 11,2 \text{ г/моль}}{1,12 \text{ л}} = 12,15 \text{ г/моль}. \end{aligned}$$

За формулою:

$$m_{\text{екв}}(\text{Me}) = \frac{M(\text{Me})}{z(\text{Me})} \Rightarrow M(\text{Me}) = m_{\text{екв}}(\text{Me}) \cdot z(\text{Me});$$

де z - число еквівалентності металу, що дорівнює його валентності у сполуці. Розраховуємо молярну масу металу, підставляючи можливі значення його валентності. Припустимо, що валентність металу дорівнює I, тоді $M(\text{Me}) = 12,15 \text{ г/моль} \cdot 1 = 12,15 \text{ г/моль}$. Оскільки числове значення молярної маси збігається із значенням відносної атомної маси, шукаємо у періодичній системі хімічних елементів одновалентний метал зі значенням $A_r = 12$. Такий метал не існує. Припустимо, що валентність металу дорівнює II, тоді

$$M(\text{Me}) = 12,15 \text{ г/моль} \cdot 2 = 24,3 \text{ г/моль}.$$

Отже, шукаємо у періодичній системі хімічних елементів двохвалентний метал зі значенням $A_r = 24$. Таким металом є магній Mg.

Зауважимо, що під час розв'язування подібних задач, необхідно послідовно підставляти можливі значення валентності елементу (від I до VIII) доки не буде визначено хімічний елемент.

Приклад 20. З оксиду металу масою 0,54 г можна одержати нітрат цього металу масою 1,26 г. Розрахуйте молярну масу еквівалента металу і визначте метал.

Розв'язання. За законом еквівалентів:

$$\frac{m(\text{Me}_x\text{O}_y)}{m(\text{Me}(\text{NO}_3)_y)} = \frac{m_{\text{екв}}(\text{Me}_x\text{O}_y)}{m_{\text{екв}}(\text{Me}(\text{NO}_3)_y)}.$$

Молярну масу еквівалента оксиду металу подаємо так:

$$m_{\text{екв}}(\text{Me}_x\text{O}_y) = m_{\text{екв}}(\text{Me}) + m_{\text{екв}}(\text{O}) = x + 8,$$

а молярну масу еквівалента нітрату металу подаємо так:

$$m_{\text{екв}}(\text{Me}(\text{NO}_3)_y) = m_{\text{екв}}(\text{Me}^{V+}) + m_{\text{екв}}(\text{NO}_3^-) = x + 62.$$

Підставляючи подані значення молярних мас еквівалентів оксиду та нітрату металу у перше рівняння, отримуємо

$$\frac{0,54}{1,26} = \frac{x + 8}{x + 62} \Rightarrow x = 32,5 \text{ г/моль}.$$

Послідовно підставляючи можливі значення валентності металу, знаходимо, що коли $V = 2$, де V - валентність металу, то

$$M(\text{Me}) = 32,5 \cdot 2 = 65 \text{ г/моль}.$$

Оскільки числове значення молярної маси збігається із значенням відносної атомної маси, то $A_r(\text{Me}) = 65$. У періодичній системі хімічних елементів знаходимо метал із таким значенням відносної атомної маси. Цей метал – цинк Zn.

Якщо в умові задачі задані кількості двох або більшого числа вихідних речовин, то всі розрахунки проводять по тому з учасників реакції, що знаходиться в недостатці, тому що саме цей реагент цілком вступає в реакцію.

Приклад 21. Змішали 7,30 г HCl з 4,00 г NH₃. Скільки грамів NH₄Cl може утворитися? Знайти масу газу, що залишається після реакції.

Розв'язання. Складемо рівняння реакції утворення NH₄Cl:



Перевіримо, чи в стехіометричному співвідношенні взяті вихідні речовини. Для цього знайдемо кількість речовини n кожного з реагентів:

$$n(\text{HCl}) = m(\text{HCl}) / M(\text{HCl}) = 7,30 / 36,5 = 0,200 \text{ моль};$$

$$n(\text{NH}_3) = m(\text{NH}_3) / M(\text{NH}_3) = 4 / 17 = 0,235 \text{ моль}.$$

З рівняння реакції випливає, що 1 моль HCl взаємодіє з

1 моль NH₃, а кількості молей, задані в умові задачі, відносяться як 0,2 : 0,235. Отже, HCl може цілком вступити в реакцію, а NH₃ залишиться в надлишку. Значить, всі розрахунки повинні проводитися по HCl. Знайдемо кількість речовини NH₄Cl, що утворюється. По рівнянню реакції: $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{HCl}) = 0,2$ моль. Тоді маса продукту

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,2 \cdot 53,5 = 10,7 \text{ г}.$$

Обчислимо кількість речовини аміаку, що залишилась після реакції $\Delta n(\text{NH}_3)$:

$$\Delta n(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) - n'(\text{NH}_3),$$

де $n'(\text{NH}_3)$ —кількість речовини аміаку, що вступила у реакцію, $n'(\text{NH}_3) = n(\text{HCl}) = 0,2$ моль, $\Delta n(\text{NH}_3) = 0,235 - 0,2 = 0,035$ моль.

Знаходимо масу надлишкової кількості аміаку $\Delta m(\text{NH}_3)$:

$$\Delta m(\text{NH}_3) = \Delta n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) = 0,035 \cdot 17 = 0,6 \text{ г}.$$

Література.

1. Самостійна робота студентів при вивченні хімії: навч. посіб. / Ю.В. Ліцман, Л.І. Марченко, С.Ю. Лебедев.— Суми: Сумський державний університет, 2011. — 349 с. ISBN 978-966-657-338-7.
2. Методичні вказівки до практичних робіт з загальної хімії (для студентів усіх спеціальностей) (Уклад.: Т.М.Волох, Н.М.Максименко, В.В.Приседський, Л.І.Рубльова, С.Г.Шейко; Під ред. В.В.Приседського. — Донецьк: ДонНТУ, 2005. — 183 с.
3. Буря О.І., Повхан М.Ф., Чигвінцева О.П., Антрапцева Н.М. Загальна хімія: Навчальний посібник. — Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2002. — 306 с.
4. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов. — 4-е изд., испр. — Москва: Высш. шк., Изд. центр «Академия», 2001.— 743 с., ил.
5. Кириченко В.І. Загальна хімія: Навчальний посібник. [для студ. інженер.—техн. спец. вищ. навч. закл.] / Віктор Іванович Кириченко; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист №14/18.2—1285 від 03.06.2005]. — Київ: Вища шк., 2005. —639с.: іл., 83 рис., 80 табл. — Інформаційне середовище: на поч. розд. — Контрол. запитання: після розд. — Структурно-логічні схеми: після розд. — Бібліогр.: с. 635 (22 назви). — ISBN 966-642-182-8.
6. Михалічко Б.М. Курс загальної хімії. Теоретичні основи: Навчальний посібник / Михалічко Борис Миронович; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист № 1.4/18-Г-1180 від 22.11.2006]. — Київ: Знання, 2009. — 548 с. - Бібліогр.: с. 511 (21 назва). — Предм. покажч.: с. 543–548. — ISBN 978-966-346-712-2.
7. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.1: Физико-химические основы неорганической химии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений /М.Е.Тамм, Ю.Д.Третьяков; - М.: Издательский центр «Академия», 2004.-240 с. ISBN 5-7695-1446-9.
8. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.2: Химия непереходных элементов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений /А.А.Дроздов, В.П.Зломанов,

- Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.-368 с. ISBN 5-7695-1436-9.
9. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.3: Химия переходных элементов. Кн.1 : Учебник для студ. высш. учеб. заведений /А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.-352 с. ISBN 5-7695-2532-0.
 10. Неорганическая химия: В 3 т. /Под редакцией Ю.Д.Третьякова. Т.3: Химия переходных элементов. Кн.2 : Учебник для студ. высш. учеб. заведений /А.А.Дроздов, В.П.Зломанов, Г.Н.Мазо, Ф.М.Спиридонов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.-400 с. ISBN 5-7695-2533-9.
 11. Загальна та неорганічна хімія у двох частинах: Підручник. Частина II [для студ. вищ. навч. закл.] / О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовських, С.В. Иванов; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист № 212 від 03.06.1999]. – Київ: Пед. преса, 2000. – 784с.: іл., 125 рис., 63 табл. – Бібліогр.: с. 771 (28 назв). – Імен. покажч.: с.772–773. – Предметн. покажч.: с.774–783. – ISBN 955-7320-13-8.
 12. Романова Н.В. Загальна та неорганічна хімія: Підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Неоніла Володимирівна Романова; [Мін-во освіти і науки України; гриф: лист №13710594 від 30.06.1995]. – Київ: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2004. – 480с.: 54 рис., 30 табл. – Бібліогр.: с. 465 (25 назв). – Імен. покажч.: с. 466–467. – Предм. покажч.: с. 468–477. – ISBN 966-569-106-6.
 13. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. – Москва: Высш. шк., 1997. – 527 с.

Запитання для самоперевірки.

1. Порівняйте поняття: а) маса атома і відносна атомна маса; б) проста і складна речовина; в) бертоліди і дальтоніди.
2. Чому під час розрахунків за рівнянням хімічної реакції немає необхідності враховувати змінення енергії? Під час розрахунків за якими реакціями змінення енергії необхідно враховувати?
3. Якою інформацією про речовину необхідно володіти, щоб розрахувати її молярну масу? Наведіть не менше чотирьох варіантів відповідей.
4. Як можна розрахувати еквівалент і молярну масу еквіваленту: а) хімічного елемента у сполуці; б) оксиду, в) кислоти, г) основи, д) солі?
5. Які розрахунки можна провести за законом еквівалентів без використання запису рівняння хімічної реакції?
6. За яких умов можна для розрахунку за рівнянням хімічної реакції використовувати закон об'ємних співвідношень газів?
7. Як за рівнянням Менделєєва-Клапейрона розрахувати: а) масу; б) молярну масу; в) об'єм; г) густину газоподібної сполуки?
8. Розрахуйте двома способами абсолютну масу молекули вуглекислого газу.
9. Розрахуйте, який об'єм за н. у. займатиме сірководень масою 128 г. Розрахуйте відносну густину сірководню за: а) воднем; б) повітрям.
10. Розрахуйте, яка кількість молекул рідкого бензену, а також число атомів Карбону містяться у порції речовини об'ємом 45,4 мл ($\rho(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,86 \text{ г/мл}$).
11. Який об'єм за нормальних умов займатиме газ, об'єм якого при температурі 40°C та тиску 80 кПа становить 10 л?
12. Розрахуйте відносну молекулярну масу газу, якщо його зразок масою 0,085 г при температурі 25°C та тиску 101,325 кПа займає об'єм 122 мл.
13. Маса газу об'ємом 2 л дорівнює 4,43 г. Газ перебуває при температурі 91°C та тиску 166,2 кПа. Розрахуйте густину газу за нормальних умов та відносну густину газу за киснем.

14. Станум утворює два оксиди, масова частка елемента в яких становить відповідно 78,8 % та 88,1 %. Розрахуйте молярні маси еквівалентів Стануму в цих оксидах та складіть їх формули.
15. Масова частка металу в хлориді становить 20,22 %. Розрахуйте молярну масу еквівалента металу і визначте метал.
16. Метал масою 6 г при взаємодії з кислотою витіснив водень масою 0,5 г. Розрахуйте молярну масу еквівалента металу та визначте, який метал було взято.
17. З оксиду металу масою 3 г можна добути нітрат цього металу масою 7,05 г. Розрахуйте молярну масу еквівалента металу та визначте метал.
18. Розрахуйте, який об'єм кисню необхідний для повного спалювання: а) 30 л сірководню; б) 15 л пропану (C_3H_8); в) 6,2 г фосфору.
19. Яку масу цинку необхідно взяти для реакції з надлишком хлоридної кислоти, щоб утвореного в результаті реакції водню вистачило б для повного відновлення міді з 4 г купрум(II) оксиду. Врахуйте, що для здійснення другої реакції необхідний двократний надлишок водню.
20. Розрахуйте масу заліза, яке може прореагувати з такою самою кількістю хлору, що й 2,4 г магнію.
21. При пропусканні вуглекислого газу через розчин барій гідроксиду утворився осад масою 9,85 г. Розрахуйте масу кальцій карбонату, щоб отриманого під час його розкладу вуглекислого газу вистачило б для утворення осаду. Врахуйте, що вихід реакції розкладу кальцій карбонату становить 90 %, а вихід реакції взаємодії вуглекислого газу з барій гідроксидом – 95 %.
22. Розрахуйте, яка маса ферум(III) хлориду теоретично може утворитися при взаємодії заліза масою 2,8 г з 1,792 л хлору (н. у.).
23. Яку масу заліза можна одержати з 2 т залізної руди, що містить 94 %(мас.) Fe_2O_3 ? (Відповідь: 1316 кг.)
24. Розчин, що містить 34,0 г $AgNO_3$, змішали з розчином, що містить таку ж масу $NaCl$. Чи весь нітрат срібла вступить у реакцію? Скільки грамів $AgCl$ утворилося у результаті реакції? (Відповідь: 28,7 г.)
25. Визначте число атомів у 9 г хрому і масу 1 атома
26. Густина газу за повітрям складає 0,59. Визначте густину цього газу за гелієм.
27. Визначте масу $3 \cdot 10^{23}$ молекул неона і об'єм, який займають ці молекули за н.у.
28. Скільки атомів вміщується в молекулі паровидної сірки, якщо її густина за повітрям дорівнює 4.4 ?
29. Скільки атомів вміщується в молекулі паровидного йода, якщо його густина за киснем 7,9?
30. Визначити масу 5,5 л азоту при $23^\circ C$ і тиску 96 кПа, якщо маса 1л азота за н.у. дорівнює
31. Маса 3л газу при $23^\circ C$ і тиску 101,3 кПа дорівнює 8,2г. Визначте молярну масу газу.
32. Визначте число моль і грам – еквівалентів у 513г сульфата алюмінія.
33. При взаємодії 1,6 г металу з кислотою виділилося 2л водню (н.у.). Визначте еквівалент метала.
34. При згорянні 3г деякого металу утворюється 5г оксида. Визначте еквівалент оксида цього метала.
35. Хлорид деякого метала вміщує 79,8% хлора. Визначте еквівалент цього метала враховуючи, що еквівалент хлора дорівнює 35,5, а ступінь окиснення металу у хлориді дорівнює 3. Який це метал?
36. При відновленні 16г оксида вольфрама воднем одержано 3,5г води. Визначіть еквівалент вольфрама і хімічну формулу оксида.
37. Яка маса металу, еквівалент якого дорівнює 9, може бути окиснена 1,86 л кисню (н.у.)?
38. При взаємодії 27г алюмінія з хлоридною кислотою виділився водень. Скільки грамів магнія необхідно взяти для одержання такого ж об'єму водню? Еквіваленти магнія і алюмінія дорівнюють 12 і 9 відповідно.

39. Деяка маса металу витискає з кислоти 1,4л водню (н.у.). Ця ж маса металу витискає 12,95 г плюмбія з розчину цієї солі. Визначте еквівалент плюмбію.
40. Чому дорівнює за н.у. еквівалентний об'єм кисню? На згоряння 1,5 г, двухвалентного металу необхідно 0,69 кисню (н.у.) Визначте еквівалентну, мольну і атомну масу цього металу.
41. Виходячи з мольної маси вуглецю і води, визначте абсолютну масу атома вуглецю і молекули води в грамах.
42. а) $2,0 \cdot 10^{-23}$; $3,0 \cdot 10^{-23}$ б) $3,0 \cdot 10^{-23}$; $4,0 \cdot 10^{-23}$
43. На нейтралізацію 9,797 г ортофосфорної кислоти витрачено 7,998 г NaOH. Розрахуйте еквівалент, еквівалентну масу та основність H_3PO_4 в цій реакції. На підставі розрахунків напишіть рівняння реакції.
44. З 1,35 оксиду металу одержано 3,15 його нітрата. Визначте еквівалентну масу цього металу.
45. В якій масі $Ca(OH)_2$ вміщується стільки ж еквівалентів, скільки у 312 г $Al(OH)_3$
46. Масові частки натрію, сульфору й кисню в сполуці становлять відповідно 36,5; 25,4; 38,1% . Запишіть формулу речовини.
47. Масові частки сульфору та гідрогену в сполуці відповідно дорівнюють 96,97 та 3,03%. Відносна молекулярна маса цієї речовини 66 а.о.м. Запишіть її молекулярну формулу.
48. Яка формула сполуки кисню з натрієм($M_r=78$ а.о.м.), якщо відомо, що 19,5г сполуки містять 8 г кисню ?
49. Два оксиди нітрогену мають однаковий склад: 30,43% N; 69,57% O. Відносна густина їх за воднем 23 та 46. Знайдіть формули цих оксидів.
50. Масова частка кисню в його сполуці з гідрогеном становить 94,1%. Відносна молекулярна маса - 34 а.о.м. Визначте формулу цієї сполуки .
51. Обчисліть масову частку (%) нітрогену в сполуках KNO_3 та $NaNO_3$
52. Обчисліть масову частку (%) кожного елемента в калій дигідрогенфосфаті
53. В якому з добрив найвищий вміст нітрогену: в калійній селітрі KNO_3 ; в амонійній селітрі NH_4NO_3 чи в амофосі $(NH_4)_2HPO_4$?
54. Скільки грамів сульфатної кислоти може прореагувати з 4,8 г Mg? Який об'єм (н.у.) водню внаслідок цього утвориться?
55. В наслідок нагрівання концентрованої сульфатної кислоти з 12,29 г натрій хлориду отримано 4,23 dm^3 гідроген хлориду (н.у.). Обчисліть відсоток виходу гідроген хлориду.
56. При взаємодії оксиду E_2O_7 з водою утворюється кислота, яка має молярну масу 120 г/моль .Визначте відносну атомну масу елемента.