

1. Задачі на надлишок

Кількість речовини

Відомо, що для вивчення навколишнього світу недостатньо лише спостерігати й описувати об'єкти. Важливо ще характеризувати їх кількісно, тобто якимись величинами. Порцію води, наприклад, можна характеризувати кількісно, вимірявши її об'єм у літрах або масу в грамах. Але для хіміка поряд з цим важливо ще знати число структурних частинок (атомів, молекул або йонів), які містяться в цій порції речовини, оскільки саме вони вступатимуть у хімічну взаємодію. Ось чому в хімії і суміжних з нею науках використовують фізичну величину — кількість речовини.

Кількість речовин — це фізична величина, що визначається числом структурних частинок (атомів, молекул, йонів тощо), які містяться в даній порції речовини. Вона позначається латинською літерою n (ен) або грецькою ν (ню), оскільки літерою n (ен) позначається також і число атомів.

За одиницю кількості речовини прийнято моль.

Моль — це така кількість речовини, яка містить стільки частинок (атомів, молекул, йонів та ін.), скільки міститься атомів у Карбоні ма-сою 0,012 кг (12 г). Отже, маса 1 моль вуглецю дорівнює 12 г. А скільки у цій порції вуглецю кількістю речовини 1 моль міститься атомів Карбону?

Експериментально доведено, що 1 моль речовини містить $6,02 \cdot 10^{23}$ (скорочено $6 \cdot 10^{23}$) частинок (атомів, молекул, йонів та ін.). Це число на честь італійського вченого називається числом Авогадро. Зазвичай число Авогадро позначають латинською літерою N з індексом A , тобто N_A .

$6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ — стала Авогадро N_A

Число Авогадро $6,02 \cdot 10^{23}$ показує число частинок, які містяться в 1 моль будь-якої речовини незалежно від її агрегатного стану.

$6,02 \cdot 10^{23}$ — це число Авогадро, а фізико-хімічна константа, що відповідає цьому числу, називається сталою Авогадро, позначається також N_A . Якщо 1 моль речовини містить $6,02 \cdot 10^{23}$ частинок, то:

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

Молярна маса

Між масою m і кількістю речовини ν існує певний зв'язок. Щоб його виразити, скористаємося поняттям молярна маса (позначається M).

Молярна маса — це фізична величина, що дорівнює відношенню маси речовини до відповідної кількості речовини.

$$M = m/\nu.$$

Одиниця молярної маси — кілограм на моль (**кг/моль**) або грам на моль (**г/моль**). Виходить, що маса 1 моль речовини і є її молярною масою

Числове значення молярної маси дорівнює відносній атомній або відносній молекулярній (формульній) масі речовини.

Наприклад: потрібно з'ясувати, яка молярна маса кисню.

Оскільки $M_r(O_2) = 32$, то $M(O_2) = 32 \text{ г/1 моль} = 32 \text{ г/моль}$.

А яка молярна маса заліза?

$A_r(Fe) = 56$; $M(Fe) = 56 \text{ г/моль}$.

Молярну масу складної речовини можна обчислити, виходячи з молярних мас хімічних елементів, які входять до її складу.

Наприклад:

$$M_r(H_2SO_4) = 1 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 98;$$

$$M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль}.$$

$m(1 \text{ моль } H_2SO_4) = 98 \text{ г}$, тобто 98 г сульфатної кислоти H_2SO_4 — це її маса, що відповідає кількості речовини 1 моль.

Отже, молярна маса — це стала характеристика кожної окремої речовини.

Вона виражає залежність між масою і кількістю речовини, а тому дає змогу визначати одну величину за відомою іншою.

Наприклад: масу за кількістю речовини і навпаки, кількість речовини за масою.

Запам'ятай ці формули:

$m = M \cdot \nu$	де: ν — кількість речовини;
$M = m / \nu$	m — маса речовини;
$\nu = m / M$	M - молярна маса.

Молярний об'єм

Речовини можуть перебувати у твердому, рідкому і газоподібному стані.

У 1 моль будь-якої речовини міститься $6,02 \cdot 10^{23}$ структурних частинок.

Відстані між структурними частинками є різними і невеликими. Тому 1 моль твердих речовин чи рідин займає різні об'єми. Відстані між молекулами газів є великою і приблизно однаковою, тому за об'єм 1 моль газу приймається об'єм простору, який вони займають.

Закон Авогадро:

В однакових об'ємах різних газів за однакових умов міститься однакове число молекул.

Однаковому числу молекул газів відповідають однакові об'єми.

Для розрахунків, пов'язаних з визначенням об'єму газів, використовують поняття **молярного об'єму**.

Молярний об'єм V_m — це відношення об'єму даної порції речовини до його хімічної кількості.

$$V_m(X) = V(X) \nu(X).$$

Чисельно молярний об'єм дорівнює об'єму 1 моль речовини.

Зверни увагу!

Молярний об'єм **будь-якого** газу при нормальних умовах (тиску 101,3 кПа і температурі 0 °C) дорівнює 22,4 л/моль.

$$\nu(X) = \frac{m(X)}{M(X)}; \quad \nu(X) = \frac{V(X)}{V_m(X)}; \quad k = \frac{m}{\nu \cdot M};$$

$$M(\text{прод}) = k \cdot M(\text{пр}) \cdot \nu(\text{пр}); \quad V(\text{прод}) = k \cdot V_m \cdot \nu(\text{пр})$$

Задачі, в основі яких лежать обчислення за хімічним рівнянням, якщо одна з речовин узята з надлишком, називаються скорочено «задачі на надлишок». Їх ознака: в умові дано кількості (маси, об'єми, кількості речовини) обох реагентів.

Особливість задач даного типу полягає в тому, що в умові зазначається маса чи об'єм обох реагуючих речовин, одна з яких дається в кількості, більшій, ніж це необхідно для реакції (тобто, в надлишку). Під час проведення реакції частина такої речовини залишається в реакційній суміші, тому що не прореагує повністю. Для обчислення продукту реакції необхідно знати масу чи об'єм речовини, що прореагує повністю. Саме за даними цієї речовини (вважається, що вона

знаходиться у недостатчі) і будуть проводитись обчислення, необхідні для продукту реакції.

Під час розв'язування задач на надлишок потрібно дотримуватись наступного алгоритму:

1. Прочитайте задачу.
2. Складіть її стислу умову.
3. Складіть рівняння хімічної реакції, що відбувається.
4. Обчисліть молярні маси речовин.
5. Обчисліть кількості вихідних речовин.
6. Порівняйте кількості речовин реагентів, що відповідають рівнянню реакції та умові задачі, і визначити вихідну речовину, яка повністю прореагувала та за якою речовиною здійснюють подальші обчислення.
7. Обчислити кількість продукту реакції за рівнянням реакції.

У задачах, в яких мова йде про взаємодію розчину лугу з розчином багатоосновної кислоти, в залежності від того яка з них у надлишку, продуктами можуть бути кислі та середні солі або їх суміші.

Пропоную розглянути приклад розв'язання задачі за даним алгоритмом:

Задача 1. До розчину, який містить 1,42 г сульфату натрію, долили розчин, що містить 2,8 г нітрату барію. Утворений осад відфільтрували. Які речовини містяться у фільтраті?

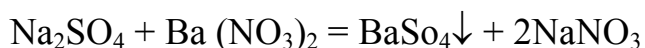
$$\text{Дано: } m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1,42 \text{ г}$$

$$m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 2,8 \text{ г}$$

Речовини у фільтраті = ?

Аналізуючи умову задачі, бачимо, що для обох солей, які реагують одна з одною, зазначена певна маса, яка може бути стехіометричною. Але, як правило, це ознака того, що задача на надлишок, а він не реагуватиме. Тому визначаємо передусім, яка з вихідних речовин узята у надлишку. Для цього складаємо рівняння реакції:

$$1,42 \text{ г} \quad 2,8 \text{ г}$$



$$M = 46 + 32 + 64 = M = 137 + 28 + 96 =$$

$$= 142 \text{ г/моль} = 261 \text{ г/моль}$$

$$m = 142 \text{ г} \quad m = 261 \text{ г}$$

З рівняння реакції видно, що 142 г Na_2SO_4 взаємодіє із 261 г $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, а якщо Na_2SO_4 узято 1,42 г, тобто у 100 раз менше, то й маса $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, що реагуватиме, буде у 100 раз меншою — 2,61 г. Отже, нітрат барію $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ узято у надлишку. Цей

надлишок становитиме: $2,8 \text{ г} - 2,61 \text{ г} = 0,19 \text{ г}$, і міститиметься він у фільтраті разом з нітратом натрію NaNO_3 , який залишився в розчині, коли осад BaSO_4 відфільтрували.

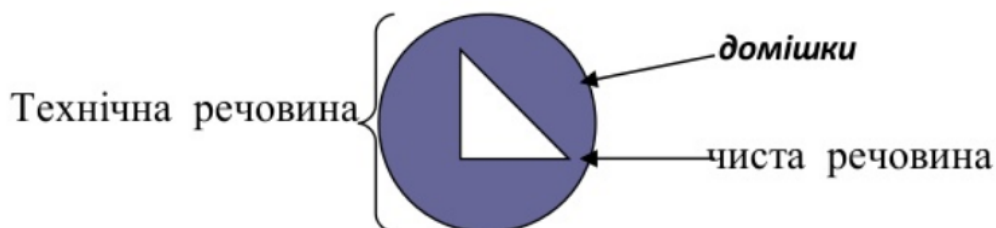
Відповідь: у фільтраті містяться нітрат натрію NaNO_3 і надлишок нітрату барію $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.

2. Задачі на домішки

Під час хімічних виробництв використовують сировину, яка в основному не являє собою чисту речовину, а містить різноманітні домішки. Ці домішки в процесі виробництва участі не беруть. Тому необхідно провести розрахунки, за якими обчислити масу чистої речовини, яка і буде брати участь в хімічному процесі.

Особливість розв'язування задач такого типу полягає в тому, що слід з'ясувати, що є технічною речовиною, чистою речовиною, а що є домішками. Технічна речовина – це речовина, в якій корисний компонент, забруднений домішками. Визначивши компоненти, користуємось опорними формулами.

Особливість задач на домішки полягає в тому, що в умові задачі вказується маса вихідної речовини, що містить певну масову частку домішок. Отже вихідна речовина є суміш. Для розв'язування задачі спочатку потрібно обчислити масу домішок, масу чистої речовини.



$$m(\text{тех}) = m(\text{чист. реч.}) + m(\text{дом}); \quad m(\text{чист. реч.}) = m(\text{тех}) - m(\text{дом})$$

$$\omega\%(\text{дом.}) = \frac{m(\text{дом})}{m(\text{тех})} \cdot 100; \quad \omega\%(\text{чист. реч.}) = \frac{m(\text{ч.р.})}{m(\text{тех})} \cdot 100$$

$$\omega\%(\text{дом.}) + \omega\%(\text{чист. реч.}) = 100\%$$

Приклад

Масовою часткою компонента у механічній суміші називається число, що показує, яку частину складає маса компонента від загальної маси суміші, що прийнята за одиницю або 100%.

Алгоритм

1. Вивчи умову задачі.
2. Запиши скорочено цю умову.
3. Обчисли масу домішок.
4. Обчисли масу чистої речовини.

- Запиши рівняння реакцій з числовими позначеннями.
- Обчисли масу продукту реакції.
- Запиши відповідь.

Задача Обчислити масу оксиду кальцію, яку можна одержати під час випалювання вапняку масою 500 кг, що містить 8% домішок.

Дано:
 m (вапняку) = 500 кг
 $W_{(\text{дом.})} = 8\%$

Знайти:

m (CaO) -?

Розв'язання:

1. Яка маса домішок?

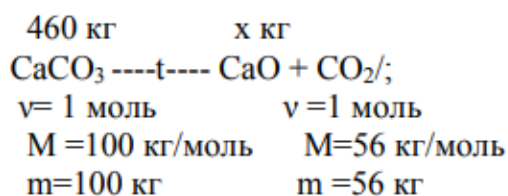
$$W_{(\text{дом.})} = m_{(\text{дом.})} : m_{(\text{вапняку})};$$

$$m_{(\text{дом.})} = m_{(\text{вапняку})} \cdot W =$$

$$= 500 \text{ кг} \cdot 0,08 = 40 \text{ кг}$$

2. Скільки чистого кальцій карбонату міститься у вапняку?

$$m(\text{CaCO}_3) = 500 - 40 = 460 \text{ (кг)};$$



3 Яка маса оксиду кальцію?

$$X : 460 \text{ кг} = 56 \text{ кг} : 100 \text{ кг};$$

$$X = (460 \cdot 56) : 100 = 257,6 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: під час випалювання вапняку, що містить 8% домішок, одержати 257,6 кг оксиду кальцію.

можна

3. Задачі на еквіваленти

Щоб розв'язати задачі з зазначеної вище теми, потрібно засвоїти визначення еквівалентів (E), молярних мас еквівалентів (m_e), молярних об'ємів еквівалентів (V_e) простих (металів і неметалів) та складних (оксидів, основ, кислот і солей) речовин, а також вивчити основні закони хімії, зокрема закон еквівалентів.

Треба також знати математичний запис закону еквівалентів:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_{e_1}}{M_{e_2}} \quad (1) \quad \frac{m_1}{V_2} = \frac{M_{e_1}}{V_{e_2}} \quad (2) \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{e_1}}{V_{e_2}} \quad (3)$$

Алгоритм розв'язання задач

- Визначити умови задачі, тобто як виражена кількість речовин: в молях, грамах, літрах та інше.
- Вибрати з написаних вище формулу математичного вираження закону еквівалентів відповідним задачі.

3. Підставити данні задачі в вибрану формулу.
4. Знайти невідому величину (M_e, V_e).

Якщо дана:

1) маса речовин, розрахунки вести згідно формули (1)

2) маса і об'єм речовин, використовувати формулу (2)

3) об'єм речовин, використовувати формулу (3).

По величинам M_e, V_e можна знайти E, M, V , речовину, основність, кислотність.

1. Еквівалент (E) з формули: $E = \frac{M_e}{M}$, де M - молярна маса простої чи складної речовини.
2. Молярну масу речовини (M).
3. Речовину, коли відома валентність (B) її, з формули:

$$M_e = \frac{M}{B} \Rightarrow M = M_e \cdot B$$

Приклад роз'язання задачі.

На нейтралізацію 0,82 г H_3PO_3 витрачено 1,12 г KOH . Знайти молярну масу еквіваленту (M_e), еквівалент (E) та основність H_3PO_3 . Написати рівняння реакції, що відбувається.

1. Кількість речовини дана в грамах (m), тому вибираємо для розрахунків формулу (1)

$$\frac{m_{H_3PO_3}}{m_{KOH}} = \frac{M_{e_{H_3PO_3}}}{M_{e_{KOH}}}$$

закон еквівалентів.

2. З цієї формули знаходимо:

$$M_{e_{H_3PO_3}} = \frac{m_{H_3PO_3} \cdot M_{e_{KOH}}}{m_{KOH}} = \frac{0,82 \cdot 56}{1,12} = 41 \text{ Г/МОЛЬ}$$

$$\left(M_{e_{KOH}} = \frac{M}{\text{кислотність}} = \frac{56}{1} = 56 \text{ Г/МОЛЬ} \right)$$

3. Знаходимо: $E_{H_3PO_3} = \frac{M_e}{M} = \frac{41}{82} = 0,5$ моля

$$\left(M_{H_3PO_3} = 1 \cdot 3 + 31 + 16 \cdot 3 = 82 \text{ Г/МОЛЬ} \right)$$

4. З формули $M_{\text{екв.кислоты}} = \frac{M}{\text{основність}}$ знаходимо $\text{основність} = \frac{M}{M_e} = \frac{82}{41} = 2$, тобто 2 іони H^+ в H_3PO_3 замінюються в реакції на іони K^+ .

5. Рівняння реакції буде $\text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{HPO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

Висновок:

4. Задачі, в основі яких лежать обчислення за хімічним рівнянням, якщо одна з речовин узята з надлишком, називаються скорочено «задачі на надлишок». Задачі, в основі яких лежать обчислення за хімічним рівнянням, якщо одна з речовин узята з надлишком, називаються скорочено «задачі на надлишок».
5. Особливість задач на домішки полягає в тому, що в умові задачі вказується маса вихідної речовини, що містить певну масову частку домішок. Отже вихідна речовина є суміш. Для розв'язування задачі спочатку потрібно обчислити масу домішок, масу чистої речовини.
6. Щоб розв'язати задачі на еквіваленти, потрібно засвоїти визначення еквівалентів (E), молярних мас еквівалентів (m_e), молярних об'ємів еквівалентів (V_e) простих (металів і неметалів) та складних (оксидів, основ, кислот і солей) речовин, а також вивчити основні закони хімії, зокрема закон еквівалентів.

Список використаної літератури

1. Бугрім С.П, Хоружа І.А., Лосев С.С. КОРОТКИЙ КУРС З ЗАГАЛЬНОЇ ХІМІЇ: Навчальний посібник – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010. – 147 с.
2. Дескалу Ю.К. Хімія. Алгоритми та методичні рекомендації по розв'язуванню розрахункових задач з хімії. Навчальний посібник – Герца, 2013, 34 с.
3. <http://www.authorstream.com/Presentation/iltchenkosvetlan-1963755/>
4. <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/1964>
5. <https://erudyt.net/navchalni-predmety/ximiya/konspekt-uroku-na-temu-rozv-iazuvannia-zadach-na-nadlyshok-reahentiv-10-klas.html>