

МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З ХІМІЇ В 11 КЛАСІ

ВИЗНАЧЕННЯ ВИХОДУ ПРОДУКТУ РЕАКЦІЇ ЗА ВІДНОШЕННЯМ ДО ТЕОРЕТИЧНО МОЖЛИВОГО

Тетяна ВОРОНЕНКО, кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник НАПН України

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, що його можна добути внаслідок хімічної реакції; обчислюється за рівнянням реакції.

Практичний вихід – це частка від одиниці або від 100 % теоретичного виходу. Масову (об'ємну, мольну) частку продукту реакції визначають як відношення маси (об'єму, кількості), практично добутої внаслідок реакції, до маси (об'єму, кількості) теоретично обчисленої.

Масова частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого – це відношення маси практично добутої внаслідок реакції, до маси, обчисленої теоретично. Обчислюється за формулою:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}} \cdot 100 \%$$

де η – масова частка виходу продукту за відношенням до теоретично можливого.

Масова частка виходу продукту реакції по відношенню до теоретично можливого чисельно дорівнює мольній частці, що її обчислюють за формулою:

$$\eta = \frac{v_{\text{практ}}}{v_{\text{теор}}} \cdot 100 \%$$

Об'ємна частка виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого – це відношення об'єму практично добутого внаслідок 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.

© Вороненко Т. І., 2022

Об'ємна частка виходу продукту реакції по відношенню до теоретично можливого чисельно дорівнює мольній частці.

Задачі

Тип 1. Дано маси або об'єми вихідної речовини й продукту реакції. Визначити вихід продукту.

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 (у відсотках).

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{Cl}_2) = 42,6 \text{ г}$	$M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$
$m(\text{FeCl}_3)_{\text{практ}} = 48,75 \text{ г}$	$M(\text{FeCl}_3) = 162,5 \text{ г/моль}$
$\eta - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції:
 $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$

Варіант I

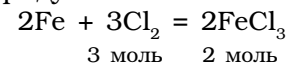
Крок 2. Обчислюємо кількість речовини сполук за умовою задачі за формулою:

$$v = m(\text{реч.}) / M$$

$$v(\text{Cl}_2) = 42,6 / 71 = 0,6 \text{ (моль);}$$

$$v(\text{FeCl}_3)_{\text{практ}} = 48,75 / 162,5 = 0,3 \text{ (моль).}$$

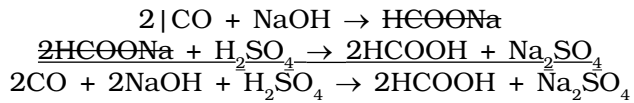
Крок 3. Обчислюємо теоретичний вихід ферум (III) хлориду:



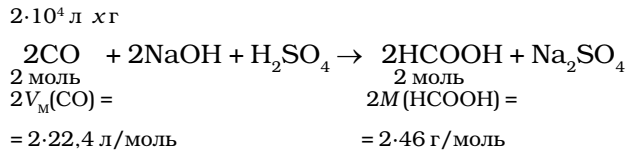
Виходячи зі співвідношення кількості речовини сполук $v(\text{Cl}_2) : v(\text{FeCl}_3) = 3 : 2$, на 0,6 моль хлору має припадати 0,4 моль ферум(III) хлориду, що становить 100 %-й вихід).

Крок 4. Обчислюємо масову частку виходу продукту реакції за відношенням до теоретично можливого (у відсотках) за формулою:

$$\eta = \frac{v_{\text{практ}}}{v_{\text{теор}}} \cdot 100 \%$$



Крок 3. Обчислюємо теоретичний вихід (масу) мурашиної кислоти, що може утворитися з $2 \cdot 10^4$ (л) карбон(II) оксиду за сумарним рівнянням:



Складаємо пропорцію й обчислюємо x :
 $x = 2 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 46 / 2 \cdot 22,4 = 2,05357 \cdot 10^4 = 20,5357 \approx 20,5$ (кг).

Крок 4. Обчислюємо практичний вихід кислоти за формулою:

$$m_{\text{практ}} = \frac{m_{\text{теор}} \cdot \gamma}{100 \%}$$

$m(\text{HCOOH})_{\text{практ}} = 20,5 \cdot 80 / 100 = 16,4$ (кг).
 В і д п о в і д ь: $m(\text{HCOOH})_{\text{практ}} = 16,4$ кг.

Задача 7. Карбон (II) оксид є відновником у металургійній промисловості. Який об'єм карбон(II) оксиду утвориться внаслідок 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
$m(\text{CO}_2) = 11,2$ л	$V_M(\text{CO}_2) = 22,4$ л/моль
$\eta = 80$ %	$V_M(\text{CO}) = 22,4$ л/моль
$V(\text{CO}) - ?$	

Розв'язання.

Крок 1. Записуємо рівняння реакції:
 $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$

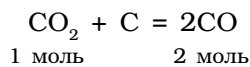
Варіант I

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини карбон(IV) оксиду за умовою задачі за формулою:

$$v = V(\text{реч.}) / V_M$$

$$v(\text{CO}_2) = 11,2 / 22,4 = 0,5 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини CO, що утвориться:



Відповідно до співвідношення $v(\text{CO}_2) : v(\text{CO}) = 1 : 2$ на 0,5 моль карбон(IV) оксиду припадає удвічі більше – 1 моль карбон оксиду(II), що становить 100 %-й вихід.

Крок 4. Обчислюємо вихід продукту реакції від теоретично можливого за формулою:

$$v_{\text{практ}} = \frac{\eta \cdot v_{\text{теор}}}{100 \%}$$

$v_{\text{практ}} = 80 \% \cdot 1 / 100 \% = 0,8$ (моль).
 Крок 5. Обчислюємо об'єм CO за формулою:

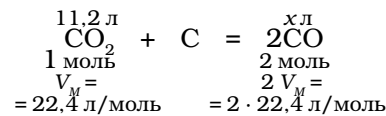
$$V = v \cdot V_M$$

$$V(\text{CO}) = 0,8 \cdot 22,4 = 17,92 \text{ (л)}.$$

В і д п о в і д ь: $V(\text{CO}) = 17,92$ л.

Варіант II

Крок 2. Обчислюємо теоретичний вихід CO. Для цього над рівнянням записуємо дані з умови, позначаючи об'єм продукту реакції через x . Під рівнянням записуємо кількість речовини і молярний об'єм згідно з коефіцієнтами біля відповідних сполук:



Складаємо пропорцію:

$$\begin{array}{l} 11,2 \text{ л} - x \text{ л} \\ 22,4 \text{ л} - 44,8 \text{ л} \\ x = 11,2 \cdot 44,8 / 22,4 = 22,4 \text{ (л)}. \end{array}$$

Крок 3. Обчислюємо практичний вихід продукту реакції за відношенням до теоретично можливого за формулою:

$$V_{\text{практ}} = \frac{\eta \cdot V_{\text{теор}}}{100 \%}$$

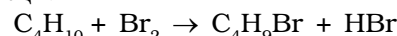
$V_{\text{практ}} = 80 \cdot 22,4 / 100 = 17,92$ (л).
 В і д п о в і д ь: $V_{\text{практ}} = 17,92$ л.

Задача 8. Під час бромовання бутану утворилося 30,825 г бромобутану. Масова частка виходу продукту реакції відносно до теоретично можливого становить 75 %. Обчисліть об'єм бутану, що вступив у реакцію.

Дано:	Допоміжні дані
$\eta = 75$ %	$M(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}) = 137$ г/моль
$m(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br})_{\text{практ}} = 30,825$ г	$V_M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 22,4$ л/моль
$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння хімічної реакції:



Крок 2. Обчислюємо теоретичний вихід бромобутану за формулою:

$$m_{\text{теор}} = \frac{m_{\text{практ}} \cdot 100 \%}{\eta}$$

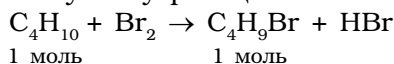
$m(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br})_{\text{теор}} = 30,825 \cdot 100 / 75 = 41,1$ (г).

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини бромобутану (теоретичний вихід) за формулою:

$$v = m / M$$

$$v(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}) = 41,1 / 137 = 0,3 \text{ (моль);}$$

Крок 4. Обчислюємо кількість речовини бутану, що вступив у реакцію:



Відповідно до співвідношення $v(\text{C}_4\text{H}_{10}) : v(\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}) = 1 : 1$ на 0,3 моль бромобутану припадає 0,3 моль бутану.

Крок 5. Обчислюємо об'єм бутану, що вступив у реакцію за формулою:

$$V = vV_M$$

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,3 \cdot 22,4 = 6,72 \text{ (л).}$$

$$\text{В і д п о в і д ь: } V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 6,72 \text{ л.}$$

Задача 9. Вихід смоли від теоретично можливого внаслідок реакції поліконденсації фенолу и формальдегіду становить 70 %. Обчисліть, яка маса (кг) фенолу необхідна для одержання 20 кг смоли.

Дано:	Допоміжні дані
$\eta = 70 \%$	$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 137 \text{ г/моль}$
$m(\text{смоли})_{\text{практ}} = 21 \text{ кг} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ г}$	$M(\text{смоли}) = 106 \text{ г/моль}$
$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо теоретичний вихід маси смоли за формулою:

$$m_{\text{теор}} = \frac{m_{\text{практ}} \cdot 100 \%}{\eta}$$

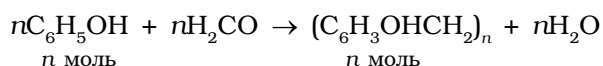
$$m(\text{C}_6\text{H}_3\text{ОНСН}_2)_n_{\text{теор}} = 2,1 \cdot 10^4 \cdot 100 / 70 = 3 \cdot 10^4 \text{ (г).}$$

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини фенолоформальдегіду (теоретичний вихід) за формулою:

$$v = m / M$$

$$v(\text{C}_6\text{H}_3\text{ОНСН}_2)_n = 3 \cdot 10^4 / 106 = 283,018 \approx 283 \text{ (моль).}$$

Крок 3. Записуємо рівняння хімічної реакції й установлюємо співвідношення фенолу і смоли:



$$v(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) : v(\text{C}_6\text{H}_3\text{ОНСН}_2)_n = 1 : 1.$$

Крок 4. Обчислюємо масу фенолу. З рівняння реакції видно, що з n молів фенолу утворюється n моль смоли. Отже, для отримання 283 моль смоли необхідно 283 моль фенолу.

$$m(\text{фенолу}) = v(\text{фенолу}) M(\text{фенолу}) = 283 \cdot 94 = 26602 \text{ (г)} = 26,602 \text{ (кг)} \approx 26,6 \text{ (кг).}$$

$$\text{В і д п о в і д ь: } m(\text{фенолу}) = 26,6 \text{ кг.}$$

Задача 10. Негашене вапно CaO широко використовують у будівництві. Кальцій(II) оксид одержують під час прожарювання вапняку. Обчисліть, яка маса (у тоннах) вапняку, що містить 20 % домішок, необхідна для одержання 22,4 т кальцій оксиду? Вихід продукту реакції від теоретично становить 80 %.

Дано:	Допоміжні дані
$\eta = 80 \%$	$M(\text{CaO}) = 56 \text{ г/моль}$
$W(\text{домішок}) = 20 \%$	$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$
$m(\text{CaO})_{\text{практ}} = 22,4 \text{ т} = 2,24 \cdot 10^7 \text{ г}$	
$m(\text{CaCO}_3) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо теоретичний вихід маси карбон(II) оксиду за формулою:

$$m_{\text{теор}} = \frac{m_{\text{практ}} \cdot 100 \%}{\eta}$$

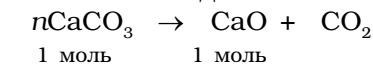
$$m(\text{CaO})_{\text{н теор}} = 2,24 \cdot 10^7 \cdot 100 / 80 = 2,8 \cdot 10^7 \text{ (г).}$$

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини CaO (теоретичний вихід) за формулою:

$$v = m / M$$

$$v(\text{CaO}) = 2,8 \cdot 10^7 / 56 = 0,05 \cdot 10^7 \text{ (моль);}$$

Крок 3. Записуємо рівняння хімічної реакції й установлюємо співвідношення сполук:



$$v(\text{CaCO}_3) : v(\text{CaO}) = 1 : 1.$$

Крок 4. Обчислюємо масу кальцій карбонату. З рівняння реакції видно, що з 1 моль кальцій карбонату утворюється 1 моль кальцій(II) оксиду. Отже, для отримання $0,05 \cdot 10^7$ моль CaO необхідно $0,05 \cdot 10^7$ моль CaCO_3 .

$$m(\text{CaCO}_3) = v(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) =$$

$$= 0,05 \cdot 10^7 \cdot 100 = 5 \cdot 10^7 \text{ (г).}$$

Крок 5. Обчислюємо масову частку кальцій карбонату у вапняку за формулою:

$$W(\text{суміші}) = W(\text{речовини}) + W(\text{домішок}) = 100 \%;$$

$$W(\text{речовини}) = 100 \% - W(\text{домішок});$$

$$W(\text{CaCO}_3) = 100 \% - 20 \% = 80 \%, \text{ або } 0,8.$$

Крок 6. Обчислюємо масу вапняку за формулою:

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

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

$$m(\text{вапняку}) = 5 \cdot 10^7 / 0,8 = 6,25 \cdot 10^7 \text{ (г)} = 6,25 \text{ (т).}$$

$$\text{В і д п о в і д ь: } m(\text{вапняку}) = 6,25 \text{ т.}$$