

Химическое уравнение – это условная запись химической реакции посредством химических формул и знаков.

Уравнения химических реакций составляют на основе закона сохранения массы веществ: масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе образовавшихся веществ.

В результате химических реакций атомы не исчезают и не возникают из ничего, а происходит их перегруппировка.

Разумеется, основа успеха в решении задач, связанных с расчетами по химическим уравнениям, – правильное понимание химической и физической сущности рассматриваемых реакций. Любые расчеты теряют свой смысл, если уравнение реакции составлено неверно.

Расстановка коэффициентов в уравнении реакции связана с подсчетом числа атомов или групп атомов в левой и правой стороне уравнения.

При решении задач по уравнениям химических реакций можно соблюдать следующую *последовательность*:

- Если вещества даны с примесями или в растворе, то сначала вычисляют массу (или количество) чистого вещества без примесей или содержащегося в растворе.

- Составляют уравнение соответствующей химической реакции.
- В уравнении подчеркивают химические формулы веществ, вступивших в химическую реакцию и образовавшихся в результате химической реакции, данные которых указаны в условии задачи.
- Над подчеркнутыми формулами веществ записывают те значения, которые даны в условии задачи и которые необходимо рассчитать.
- Под подчеркнутыми формулами веществ записывают необходимые данные, которые можно узнать из данного уравнения:
 - а) количество вещества – ***n*** (**моль**) (по коэффициенту, стоящему перед химической формулой вещества);
 - б) молярные массы веществ – ***M*** (**г/моль**); получив эти данные можно рассчитать массу вещества по формуле: $m = M \cdot n$, □
 - в) объем вещества, рассчитав его по формуле: $V = V_m \cdot n$.

Составление химических уравнений

<i>Последовательность действий</i>	<i>Примеры</i>
Напишите формулы веществ, вступающих в реакцию, через знак «+» и поставьте знак «→»	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
Запишите после знака «→» формулы продуктов реакции (тоже через знак «+»)	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
Расставьте коэффициенты перед формулами в соответствии с числом атомов каждого элемента (и групп атомов)	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
Проверьте правильность составления уравнения по общей сумме атомов каждого элемента в левой и правой части уравнения	$2\text{Fe}=2\text{Fe}$ $3\text{S}=3\text{S}$ $6\text{H}=6\text{H}$ $15\text{O}=15\text{O}$

1. Расчеты по уравнению реакции, если известна масса, количество вещества, объем реагента или продукта (базовая задача)

Расчеты по химическим уравнениям можно провести с помощью двух различных схем, представленных в виде алгоритма 2 и алгоритма 3.

В основе обеих схем лежит метод составления пропорций. Принципиальное отличие заключается в том, что в схеме, представленной алгоритмом 2, пропорции составляются с использованием масс и объемов участвующих в реакции веществ, а в схеме, представленной алгоритмом 3, — с использованием количеств веществ.

Однако нужно отметить, что решать задачи с введенными усложнениями, применяя алгоритм 2, не всегда целесообразно, поскольку решение при этом часто осложняется ненужными, громоздкими вычислениями. Поэтому *рациональнее* подойти к решению задачи с помощью *алгоритма 3*.

Схема расчета по химическому уравнению

<i>Последовательность действий</i>	<i>Примеры</i>
Прочитайте текст задачи	Рассчитайте массу оксида кальция, которая получится при разложении карбоната кальция массой 400 г
Запишите условие и требование задачи с помощью общепринятых обозначений	Дано: $m(\text{CaCO}_3) = 400 \text{ г}$ <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> $m(\text{CaO}) = ?$
Составьте уравнение реакции	Решение: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
Подчеркните формулы веществ, о которых идет речь в условии задачи	<u>CaCO₃</u> → <u>CaO</u> + CO ₂
Надпишите над подчеркнутыми формулами исходные данные, под формулами – данные, закономерно вытекающие из уравнения реакции и соответствующие коэффициентам	$ \begin{array}{ccc} 400 \text{ г} & & x \text{ г} \\ \text{CaCO}_3 & \rightarrow & \text{CaO} + \text{CO}_2 \\ \nu = 1 \text{ моль} & & 1 \text{ моль} \\ M = 100 \text{ г/моль} & & 56 \text{ г/моль} \\ m = 100 \text{ г} & & 56 \text{ г} \end{array} $

Обозначьте массу искомого вещества переменной x (г) и составьте пропорцию	$\frac{400}{100} = \frac{x}{56}$
Решите пропорцию и найдите значение x	$x = \frac{400 \cdot 56}{100}$ $x = 224$ $m(\text{CaO}) = 224 \text{ г}$
Запишите ответ	Ответ: 224 г

Алгоритм 3

Схема расчета по химическому уравнению с использованием количества вещества (n , моль)

<i>Последовательность действий</i>	<i>Примеры</i>
Прочитайте текст задачи	Вычислите объем (н.у., мл) кислорода, выделившегося при полном каталитическом разложении хлората калия (бертолетовой соли) массой 24,5 г.
Запишите условие и требование задачи с помощью общепринятых обозначений	Дано: $m(\text{KClO}_3) = 24,5 \text{ г}$ <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> $V(\text{O}_2) - ?$

Составьте уравнение реакции	Решение: $2\text{KClO}_3 \xrightarrow[\text{kat}]{t} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
Подчеркните формулы веществ, о которых идет речь в условии задачи	$\underline{2\text{KClO}_3} \rightarrow 2\text{KCl} + \underline{3\text{O}_2}$
Рассчитайте количество (n, моль) вещества, масса (или объем) которого известны	$n(\text{KClO}_3) = \frac{24,5 \text{ г}}{122,5 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$
Напишите над формулами в уравнении найденные количества веществ, а под формулами – количества веществ, соответствующие коэффициентам в уравнении	$\begin{array}{ccc} 0,2 \text{ моль} & & x \text{ моль} \\ \underline{2\text{KClO}_3} \rightarrow 2\text{KCl} + \underline{3\text{O}_2} \\ 2 \text{ моль} & & 3 \text{ моль} \end{array}$
Обозначьте количество вещества искомого соединения переменной x (моль) и составьте пропорцию	$\frac{0,2}{2} = \frac{x}{3}$
Решите пропорцию и найдите значение x	$x = \frac{0,2 \cdot 3}{2} = 0,3$ $n(\text{O}_2) = 0,3 \text{ моль}$
Рассчитайте массу или объем искомого вещества	$V(\text{O}_2) = V_m \cdot n(\text{O}_2)$ $V(\text{O}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,3 \text{ моль} = 6,72 \text{ л}$
Запишите ответ	Ответ: 6,72 л

2. Расчеты, связанные с долей выхода вещества, и использованием реагента, содержащего примеси

Схемы расчетов по химическим уравнениям основываются на законе сохранения массы веществ и справедливы, если в реакцию вступают абсолютно чистые вещества и их взаимодействие протекает без потерь. Однако на практике продуктов реакции всегда образуется меньше, чем должно было получиться в соответствии с расчетами. Поэтому одна из важнейших характеристик химико-технологического процесса – *массовая доля выхода продукта реакции* (η).

$$\eta = \frac{m_{\text{пр.}}(V_{\text{пр.}}; v_{\text{пр.}})}{m_{\text{теор.}}(V_{\text{теор.}}; v_{\text{теор.}})},$$

где $m_{\text{пр.}}(V_{\text{пр.}}; v_{\text{пр.}})$ – *масса, объем, количество вещества практически получившегося продукта,*

$m_{\text{теор.}}(V_{\text{теор.}}; v_{\text{теор.}})$ – *масса, объем, количество вещества, рассчитанные теоретически.*

Если техническое или природное вещество содержит примеси (фактически является смесью веществ), то необходимо найти массу чистого вещества по формуле:

$$m(X) = m(\text{техн.}) [1 - \omega(\text{прим.})]$$

Задача 1. Технологические потери при получении из серы сернистого газа составляют 12 %. Определите массу технической серы, необходимой для получения оксида серы(IV) объемом 1774 л (н.у.), если содержание примесей в исходной сере - 10 %.

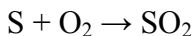
<p><i>Дано:</i> $\eta(\text{SO}_2) = 1 - 0,12 = 0,88$ $V_{\text{пр.}}(\text{SO}_2) = 1774 \text{ л}$ $\omega(\text{прим.}) = 0,1$ $m(\text{техн. S}) - ?$</p>	<p><i>Решение:</i> Зная практический выход SO_2, рассчитаем его теоретический объем: $V_{\text{теор.}}(\text{SO}_2) = \frac{V_{\text{пр.}}(\text{SO}_2)}{\eta(\text{SO}_2)} ;$</p>
---	---

$$V_{\text{теор.}}(\text{SO}_2) = \frac{1774}{0,88} = 2016 \text{ (л)}.$$

Этот объем SO_2 соответствует количеству вещества:

$$n(\text{SO}_2) = \frac{V_{\text{теор.}}(\text{SO}_2)}{V_m} ; \quad n(\text{SO}_2) = \frac{2016 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 90 \text{ моль}.$$

По уравнению химической реакции



рассчитаем массу серы, которую надо было бы взять для получения найденного количества вещества SO_2 :

$$n(\text{S}) = n(\text{SO}_2);$$

$$m(\text{S}) = M(\text{S}) \cdot n(\text{S}); \quad m(\text{S}) = 32 \text{ г/моль} \cdot 90 \text{ моль} = 2880 \text{ г}$$

Эта масса серы в техническом продукте составляет 0,9 (остальное по условию задачи – примеси).

Таким образом:

$$m(\text{техн. S}) = \frac{2880 \text{ г}}{0,9} = 3200 \text{ г.}$$

Ответ: 3200 г

3. Реакции, в которых один из реагентов взят в избытке

Встречаются задачи, в которых даются массы или объемы двух реагирующих веществ. Следует обратить на это внимание, так как молярные отношения реагирующих веществ в данном случае могут быть не эквивалентны, поэтому одно из них в процессе реакции израсходуется полностью, а часть другого останется не прореагировавшей. Очевидно, если находить массу конечного продукта, используя данные о веществе, оказавшемся в избытке, мы получим неправильный ответ.

Расчет количества продуктов производят по тому реагенту, который полностью вступает в реакцию.

Поэтому вначале следует определить, какой из реагентов находится в избытке.

Не следует употреблять словосочетание

«недостаток вещества».

Задача 2. Определите, какая масса нитрата магния получится при реакции оксида магния массой 20 г с раствором, содержащим 94,5 г азотной кислоты.

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>
$m(\text{MgO}) = 20 \text{ г}$	<u>Первый способ</u> – <i>сравнение</i>
$m(\text{HNO}_3) = 94,5 \text{ г}$	<i>количеств (моль) реагирующих</i>
$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) - ?$	<i>веществ (реагентов).</i>

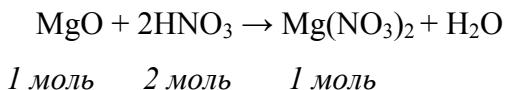
Вычисляют количества (моль) оксида магния и азотной кислоты:

$$n(\text{MgO}) = \frac{m(\text{MgO})}{M(\text{MgO})} ; n(\text{MgO}) = \frac{20 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль.}$$

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} ; n(\text{HNO}_3) = \frac{94,5 \text{ г}}{63 \text{ г/моль}} = 1,5 \text{ моль.}$$

$$n(\text{MgO}) : n(\text{HNO}_3) = 0,5 : 1,5 = 1 : 3 \text{ (по условию задачи)}$$

Составим уравнение реакции:



Соотношение количеств веществ MgO и HNO₃ равно 1:2 (по уравнению реакции). Сравнивая соотношение количеств веществ реагентов, делаем вывод, что HNO₃ дана в избытке.

Расчет по уравнению реакции следует вести по MgO, т. е. по веществу, полностью вступившему в реакцию:

$$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 148 \text{ г/моль} \cdot 0,5 \text{ моль} = 74 \text{ г}$$

Второй способ (соотношение масс реагирующих веществ)

По уравнению реакции: $m(\text{MgO}):m(\text{HNO}_3)=40:126 = 2:6,3$

По условию задачи: $m(\text{MgO}):m(\text{HNO}_3) = 20:94,5 = 2:9,4$

$9,4 > 6,3$ – кислота дана в избытке.

Третий способ (сравнение масс реагирующих веществ)

По уравнению реакции:

$$m(\text{MgO}) = 40 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 40 \text{ г};$$

$$m(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль} \cdot 2 \text{ моль} = 126 \text{ г};$$

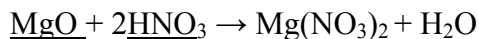
$20 \text{ г} < 40 \text{ г}$ в 2 раза; значит, кислоты должно быть в два раза

меньше, т.е. $m(\text{HNO}_3) = \frac{126 \text{ г}}{2} = 63 \text{ г}$, а по условию задачи

кислоты дано 94,5 г. Кислота дана в избытке.

Четвертый способ (способ пропорции – одну из известных величин считают неизвестной и обозначают переменной x)

$$20 \text{ г} \qquad x \text{ г}$$



$$40 \text{ г} \qquad 2 \cdot 63 \text{ г}$$

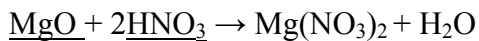
Пропорции могут иметь следующий вид:

$$\text{a) } \frac{20}{40} = \frac{x}{2 \cdot 63}; \quad x = \frac{20 \cdot 2 \cdot 63}{40} = 63$$

$$\text{б) } 20 : 40 = x : 126; \quad x = 63$$

$63 < 94,5$, т.е. кислота дана в избытке.

$$y \text{ г} \quad 94,5 \text{ г}$$



$$40 \text{ г} \quad 126 \text{ г}$$

$$\text{в) } \frac{y}{40} = \frac{94,5}{2 \cdot 63}; \quad y = \frac{40 \cdot 94,5}{126} = 30;$$

$$\text{г) } y : 40 = 94,5 : 126; \quad y = 30.$$

$$30 > 20$$

Ответ: 74 г

Следует помнить!

**Наиболее рациональным является
способ сравнения количеств веществ (моль)
реагентов**

3. Реакции, протекающие в газовой фазе

Следует помнить!

Для реакций, протекающих между газообразными веществами, отношение объемов реагирующих веществ равно отношению стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции.

Задача 3. В реактор для каталитического окисления аммиака подано 180 л аммиака и 250 л кислорода. Какой объем оксида азота(II) при этом образуется?

Дано:

$$V(\text{NH}_3) = 180 \text{ л}$$

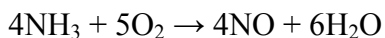
$$V(\text{O}_2) = 250 \text{ л}$$

$$V(\text{NO}) = ?$$

Решение:

Составим уравнение реакции:

kat



Найдем соотношение исходных объемов реагентов:

$$V(\text{NH}_3) : V(\text{O}_2) = 180 : 250 = 3,6 : 5,$$

т.е. аммиака дано меньше, чем требуется по уравнению реакции, поэтому кислород взят в избытке. Расчет по уравнению реакции ведут по аммиаку:

$$V(\text{NO}) = V(\text{NH}_3) = 180 \text{ л}$$

Ответ: 180 л

4. Параллельные реакции

Алгоритм решения задач, в которых протекают параллельные химические реакции

- **Обозначить переменными (x , y и т. д.) количества веществ искоемых соединений.**
- **Выразить через введенные переменные (x , y и т. д.) физические величины, значения которых даны в условии задачи, и составить систему уравнений.**
- **Решить эту систему удобным для вас способом.**
- **Рассчитать искомые величины по требованию условия задачи.**

Задача 4. 400 г раствора серной и соляной кислот, в котором их массовые доли одинаковы, нейтрализовали избытком гидрокарбоната натрия. При этом выделился оксид углерода(IV) объемом 34,272 л (н.у.). Определите массовые доли веществ в исходном растворе.

Дано:

$$m(\text{p-ра}) = 400 \text{ г}$$

$$V(\text{CO}_2) = 34,272 \text{ л}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega(\text{HCl})$$

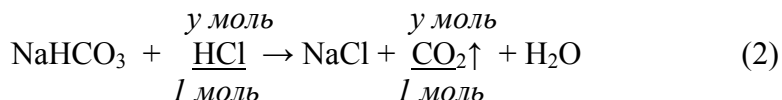
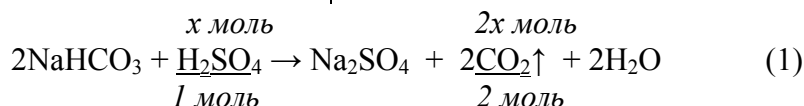
$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) - ?$$

$$\omega(\text{HCl}) - ?$$

Решение:

Первый способ

Составим уравнения химических реакций, протекающих при добавлении к кислотам раствора гидрокарбоната натрия:



$$n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m}; \quad n(\text{CO}_2) = \frac{34,272}{22,4} = 1,53 \text{ (моль)}.$$

Пусть $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = x$ моль, $n(\text{HCl}) = y$ моль,

тогда $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98x$ г, а $m(\text{HCl}) = 36,5y$ г.

$n(\text{CO}_2) = (2x + y)$ моль (по уравнениям химических реакций).

Так как массовые доли кислот в растворе равны, следовательно,

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{HCl}), \text{ т.е. } 98x = 36,5y.$$

Составим систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 98x = 36,5y, \\ 2x + y = 1,53; \end{cases} \quad - \quad \begin{cases} 98x - 36,5y = 0, \\ 98x + 49y = 74,97; \end{cases} \quad 85,5y = 74,97,$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x = 0,3266 \\ y = 0,8768 \end{array} \right.$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \cdot 0,3266 = 32 \text{ (г)},$$

$$m(\text{HCl}) = 36,5 \cdot 0,8768 = 32 \text{ (г)},$$

$$\omega(\text{к-ты}) = \frac{32}{400} = 0,08.$$

Второй способ

Пусть $\omega(\text{к-ты}) = x$, тогда $m(\text{к-ты}) = 400x$ (г);

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{400x}{98} \text{ (моль)};$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{400x}{36,5} \text{ (моль)}.$$

$$n(\text{CO}_2) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{HCl}).$$

Подставим значения данных физических величин и получим алгебраическое уравнение:

$$1,53 = 2 \cdot \frac{400x}{98} + \frac{400x}{36,5}; \quad x = 0,08.$$

Ответ: 0,08 (или 8 %)

Задача 5. При сгорании 13,44 л (н.у.) смеси CO, CH₄ и C₂H₂ образовалось 17,92 л CO₂ (н.у.) и 9 г воды. Рассчитайте объем (л) каждого газа (н.у.), содержавшегося в смеси.

Дано:

CO, CH₄, C₂H₂

V(см.) = 13,44 л

V(CO₂) = 17,92 л

m(H₂O) = 9 г

V(CO) – ?

V(CH₄) – ?

V(C₂H₂) – ?

Решение:

Анализируя условие задачи, мы видим, что при расчете по уравнениям реакций рациональнее всего использовать понятие *количество вещества*. Поэтому переведем объемы и массы веществ, данные в условии задачи,

в соответствующие им количества веществ:

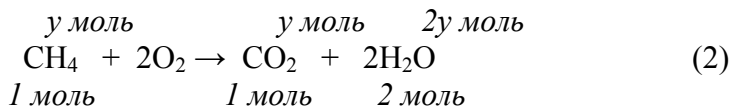
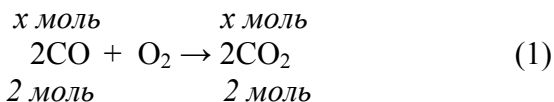
$$n(\text{см.}) = \frac{V(\text{см.})}{V_m}; \quad n(\text{см.}) = \frac{13,44}{22,4} = 0,6 \text{ (моль);}$$

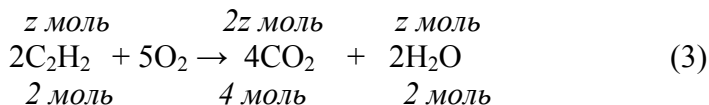
$$n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m}; \quad n(\text{CO}_2) = \frac{17,92}{22,4} = 0,8 \text{ (моль);}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}; \quad n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9}{18} = 0,5 \text{ (моль);}$$

Пусть $n(\text{CO}) = x$ моль, $n(\text{CH}_4) = y$ моль, $n(\text{C}_2\text{H}_2) = z$ моль.

Запишем уравнения реакций горения компонентов смеси и произведем по ним необходимые расчеты:





Составим систему алгебраических уравнений и решим ее:

$$\left\{ \begin{array}{l} x + y + z = 0,6, \\ x + y + 2z = 0,8, \\ 2y + z = 0,5; \end{array} \right. - \left\{ \begin{array}{l} x + y + z = 0,6, \\ x + y + 2z = 0,8; \\ \hline z = 0,2; \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} z = 0,2 \\ y = 0,15 \\ x = 0,25 \end{array} \right.$$

Отсюда:

$$V(\text{CO}) = 22,4 \cdot 0,25 = 5,6 \text{ (л)};$$

$$V(\text{CH}_4) = 22,4 \cdot 0,15 = 3,36 \text{ (л)};$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 22,4 \cdot 0,2 = 4,48 \text{ (л)}.$$

Ответ: 5,6 л CO, 3,36 л CH₄, 4,48 л C₂H₂

Задача 6. При сжигании 100 л смеси метана, оксида углерода(II) и этилена было получено 120 л оксида углерода(IV). Объемы газов измерялись при одинаковых условиях. Сколько литров этилена содержала смесь?

Дано:

CO, CH₄, C₂H₄

V(см.) = 100 л

V(CO₂) = 120 л

V(C₂H₄) – ?

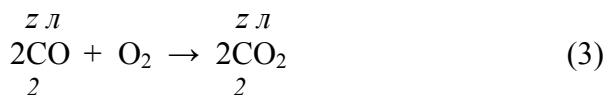
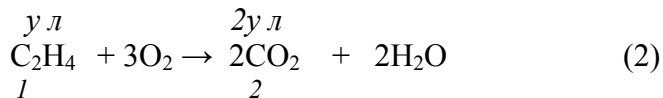
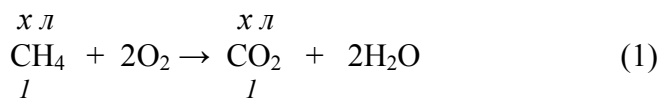
Решение:

Анализируя текст этой задачи, делаем вывод, что нецелесообразно объемы газов переводить в количества вещества, так как даны только объемы

исходных веществ и продуктов реакции. Поэтому введем переменные для объемов компонентов смеси:

$$V(\text{CH}_4) = x \text{ л}; V(\text{C}_2\text{H}_4) = y \text{ л}; V(\text{CO}) = z \text{ л}.$$

Составим уравнения горения:



$$V(\text{см.}) = V(\text{CH}_4) + V(\text{C}_2\text{H}_4) + V(\text{CO}), \quad V(\text{CO}_2) = (x + y + z) \text{ л}$$

$$- \begin{cases} x + y + z = 100, \\ x + 2y + z = 120 \end{cases}$$

$$\underline{\hspace{10em}} \\ y = 20, \quad \text{т.е. } V(\text{C}_2\text{H}_4) = 20 \text{ л}$$

Ответ: 20 л этилена

6. Цепь последовательных химических реакций

Иногда в задаче предлагается провести вычисления не по одной реакции, а по целой цепочке химических превращений. Особенно часто это встречается в тех задачах, в которых упоминаются промышленные способы получения веществ (серной кислоты из серного колчедана, азотной кислоты из азота, фосфора из апатита и т. д.).

Следует помнить!

Если в задаче имеется цепь последовательных химических превращений веществ, выполнять вычисления по каждой реакции не надо.

Следует составить все уравнения и по соотношению соответствующих коэффициентов в уравнениях определить количества веществ исходного и конечного соединений.

Задача 7. Сколько граммов раствора с массовой долей азотной кислоты 63 % можно получить из 560 л азота, если первая стадия – синтез аммиака, учитывая, что технологические

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru