

Основные стехиометрические законы

Стехиометрия –

**раздел химии, который рассматривает
количественные соотношения между
реагирующими веществами.**

**Теоретической основой расчетов
количественных соотношений между
элементами в соединениях или между
веществами в уравнениях химических
реакций являются стехиометрические
законы химии.**

§ 25. РАСЧЕТ ВЫХОДА ПРОДУКТА ОТ ТЕОРЕТИЧЕСКИ ВОЗМОЖНОГО

В реальных химических процессах максимально возможный выход обычно достигается из-за потери реагентов в реакционном сосуде, неполного протекания реакции и других причин. Поэтому реальный выход ниже максимально возможного.

Выходом реакции (η) называют отношение реальной массы продукта ($m_{\text{практ.}}$) к теоретически возможной ($m_{\text{теор.}}$), выраженное в долях единицы или в процентах.

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

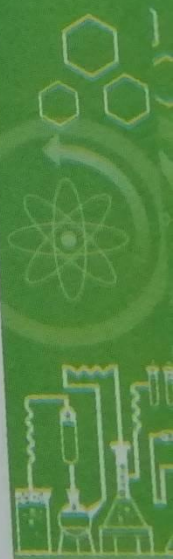
На практике обычно η меньше 1 (100%).

Сегодня на уроке:

- научимся решать задачи с использованием понятия "массовая доля выхода продукта реакции от теоретически возможного".

Ключевые понятия

- практический выход
- теоретический выход



Расчет выхода продукта реакции по отношению
к теоретически возможному

Порядок действий (пошаговый)	Пример: определите выход продукта реакции синтеза аммиака, если при взаимодействии 6,72 л (н. у.) азота с избытком водорода получено 6,72 л (н. у.) аммиака.	
<p>I. Запишите краткое условие задачи и уравнение химической реакции, подчеркните вещества, о которых идет речь в задаче.</p> <p>Переведите массу (объем) известного исходного вещества (реагента) в количество (моль):</p> $n = \frac{m}{M}; \quad n = \frac{V}{V_m}$	<p><i>Дано:</i></p> $V(\text{N}_2) = 6,72 \text{ л}$ $V_{\text{практ.}}(\text{NH}_3) = 6,72 \text{ л}$ $\eta(\text{NH}_3) = ?$	<p><i>Решение.</i></p> $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 = 2 \text{NH}_3$ <p style="text-align: center;">1 моль 2 моль</p> $n(\text{N}_2) = 6,72 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,3 \text{ моль.}$
<p>II. Определите количество продукта по уравнению реакции, т. е. теоретически возможное (если бы выход реакции составлял 100%).</p>	<p>По уравнению:</p> $1 \text{ моль } (\text{N}_2) \rightarrow 2 \text{ моль } (\text{NH}_3)$ <p>Следовательно:</p> $0,3 \text{ моль } (\text{N}_2) \rightarrow 0,6 \text{ моль } (\text{NH}_3)$ $n_{\text{теорет.}}(\text{NH}_3) = 0,6 \text{ моль (или 13,44 л).}$	
<p>III. Определите, какую часть от теоретически возможного составляет практически полученная по условию масса</p>	<p>Обратите внимание:</p> $\frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теор.}}} = \frac{n_{\text{практ.}}}{n_{\text{теор.}}} = \eta$	

(объем, количество) продукта.
Воспользуйтесь формулой:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} \text{ или } \eta = \frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теор.}}}$$

Запишите ответ.

$$\eta_{\text{практ.}}(\text{NH}_3) = \frac{0,3}{0,6} = \frac{6,72}{13,44} = 0,5 \text{ (50\%)}$$

Ответ: $\eta(\text{NH}_3) = 50\%$.




В реальных химических процессах из-за неполного протекания реакций и потерь масса продуктов обычно меньше теоретически рассчитанной.

Выходом реакции называют отношение реальной массы продукта к теоретически возможной, выраженное в долях единицы или в процентах.

Практический выход продукта — это доля от единицы или от 100% (теоретического выхода). На практике обычно выход (η) меньше 1 (100%).

Практический выход продукта (теоретического выхода). На практике обычно (100%).

- 
- 1. Какой объем углекислого газа требуется для получения 134,4 г гидрокарбоната натрия, если выход продукта реакции составляет 80%?
 - 2. Определите массу карбоната магния, прореагировавшего с соляной кислотой, если при этом получено 8,96 л оксида углерода (IV), что составляет 80% от теоретически возможного.

Ответ: 42 г.

- 3. Определите объем азота, использованного для синтеза аммиака, если получено 8,5 г продукта реакции, что составляет 20% от теоретически возможного.

Ответ: 28 л.

- 4. Металл вытеснил из кислоты 16,8 мл водорода (н. у.). Какой объем N_2 необходим для связывания H_2 в аммиак? Практический выход продукта составляет 15%.
- 5. Юный химик на занятиях кружка решил получить азотную кислоту реакцией обмена между нитратом калия и концентрированной серной кислотой. Вычислите массу азотной кислоты, которую он получил из 20,2 г нитрата калия, если массовая доля выхода кислоты была 0,80.

Ответ: 10,1 г.

- 6. Металлический барий получают восстановлением его оксида металлическим алюминием с образованием оксида алюминия и бария. Вычислите массовую долю выхода бария, если из 4,59 кг оксида бария было получено 3,8 кг бария.

Ответ: 92,5%.

- 7*. Толщи известняка на земной поверхности и под землей медленно размываются под действием почвенных вод, где растворен диоксид углерода. Какую массу карбоната кальция $CaCO_3$ может перевести в растворимый гидрокарбонат кальция состава $Ca(HCO_3)_2$ вода, в которой растворено 10 моль CO_2 ? Практический выход для реакции химического растворения считайте равным 90%.

§ 26. ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ (ОБЪЕМА) ПРОДУКТА РЕАКЦИИ ПО ИЗВЕСТНОЙ МАССЕ (ОБЪЕМУ) ИСХОДНОГО ВЕЩЕСТВА, СОДЕРЖАЩЕГО ПРИМЕСИ

В нашей жизни чистые вещества встречаются редко, например дистиллированная вода. В большей степени мы окружены смесями веществ, например известняк — это смесь карбоната кальция и различных примесей, поэтому в решении задач встречаются такие расчеты, где следует применять понятия “примесь” и “чистое вещество”. Масса или объем смеси принимается за 100%, а содержание примесей обозначают либо ω (массовая доля примесей), либо φ (объемная доля примесей). Формулы для расчета применяют следующие:

$$\omega(\text{примеси}) = \frac{m(\text{примеси})}{m(\text{вещество} + \text{примеси})} \cdot 100\%;$$

$$\varphi(\text{примеси}) = \frac{V(\text{примеси})}{V(\text{вещество} + \text{примеси})} \cdot 100\%.$$

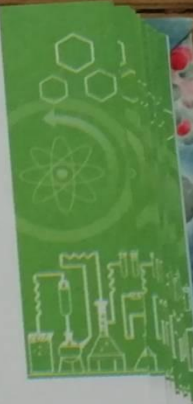
Для того чтобы решить такую задачу, следует определить массу или объем чистого вещества, отбросив примеси, и найти по нему данные продуктов реакции или исходных веществ.

Сегодня на уроке:

- познакомимся с понятиями “массовые и объемные доли компонентов в смеси” и научимся их вычислять.

Ключевые понятия

- масса
- массовая доля вещества
- примесь



Для того чтобы решить такую задачу, следует определить массу или объем чистого вещества, отбросив примеси, и найти по нему данные продуктов реакции или исходных веществ.

Задача 1. Какую массу хлорида кальция можно получить при растворении в соляной кислоте 52 г карбоната кальция, содержащего 3,85% примесей?

Решение.

1-й способ: решение через составление пропорции.

1. Найдем массу примеси в образце CaCO_3 .

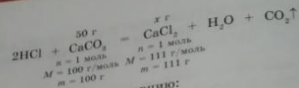
$$m(\text{примеси}) = \frac{\omega(\text{примеси}) \cdot m(\text{CaCO}_3 + \text{примеси})}{100\%};$$

$$m(\text{примеси}) = \frac{3,85\% \cdot 52 \text{ г}}{100\%} = 2 \text{ г.}$$

2. Найдем массу чистого карбоната кальция:

$$m(\text{CaCO}_3) = 52 - 2 = 50 \text{ г.}$$

3. Напишем уравнение реакции и проставим над карбонатом кальция массу 50 г, так как в реакции участвует чистое вещество без примесей, затем оформим записи под формулами веществ:



4. Составляем и решаем пропорцию:

$$\frac{50 \text{ г}}{100 \text{ г}} = \frac{x \text{ г}}{111 \text{ г}}$$

Отсюда $x = 55,5 \text{ г}$.

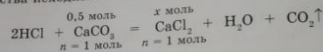
Ответ: 55,5 г.

2-й способ: решение через количество вещества.

- Нахождение массы примесей и чистого вещества происходит так же, как описано выше (действия 1—2).
- Определяем количество исходного чистого вещества CaCO_3 :

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{50 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль.}$$

- Составляем уравнение реакции и проставляем найденные количества вещества исходных веществ:



Определяем количество вещества хлорида кальция.

$$n(\text{CaCl}_2) = 0,5 \text{ моль.}$$

Расчет массы хлорида кальция.

$$m(\text{CaCO}_3) = M \cdot n = 111 \text{ г/моль} \cdot 0,5 \text{ моль} = 55,5 \text{ г.}$$

Ответ: 55,5 г осадка.

Задача 2. Определите массовую долю примесей (%) в составе технического образца хлорида алюминия, содержащего 18 г AlCl_3 и 2 г примесей.

Решение. Масса образца равна сумме масс хлорида алюминия и примесей:

$$m(\text{образца}) = m(\text{AlCl}_3) + m(\text{примесей}) = 18 + 2 = 20 \text{ г.}$$

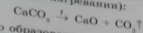
Рассчитываем массовую долю примесей по уравнению (2).

$$\omega(\text{примесей}) = \frac{m(\text{примесей})}{m(\text{образца})} \cdot 100\% = \frac{2}{20} \cdot 100\% = 10\%.$$

Задача 3. Образец массой 15,60 г, состоящий из оксида и карбоната кальция, прокалили. В результате реакции выделился газ объемом 2,24 л (н. у.). Определите массовую долю (%) оксида кальция в образце.

110

Решение. При прокаливании будет разлагаться карбонат кальция (оксид кальция устойчив при нагревании):



Рассчитаем количество образовавшегося диоксида углерода:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_M} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль.}$$

Согласно уравнению реакции:

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2); \quad n(\text{CaCO}_3) = 0,1 \text{ моль.}$$

Находим массу CaCO_3 :

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ г.}$$

Масса CaO равна разнице масс образца и карбоната кальция:

$$m(\text{CaO}) = m(\text{образца}) - m(\text{CaCO}_3) = 15,6 - 10 = 5,6 \text{ г.}$$

Определяем массовую долю CaO в образце:

$$\omega(\text{CaO}) = \frac{m(\text{примеси})}{m(\text{образца})} \cdot 100\% = \frac{5,6}{15,6} \cdot 100\% = 35,9\%.$$

Ответ: $\omega(\text{CaO}) = 35,9\%$.

Задача 4. Оксид углерода (IV), полученный при полном сжигании 0,3 г углерода, пропустили через раствор гидроксида бария массой 200 г с массовой долей $\text{Ba}(\text{OH})_2$, равной 3,42%. Определите массу осадка.

Решение. Записываем уравнение реакции горения углерода:



Рассчитаем количество вещества углерода:

$$n(\text{C}) = \frac{m}{M} = \frac{0,3}{12} = 0,025 \text{ моль.}$$

Согласно уравнению реакции:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{C}); \quad n(\text{CO}_2) = 0,025 \text{ моль.}$$

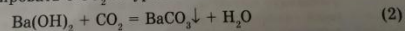
Определим массу $\text{Ba}(\text{OH})_2$ в растворе:

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{\omega \cdot m(\text{раствора})}{100\%} = \frac{3,42 \cdot 200}{100\%} = 6,84 \text{ г.}$$

Рассчитаем количество вещества $\text{Ba}(\text{OH})_2$:

$$n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2)}{M(\text{Ba}(\text{OH})_2)} = \frac{6,84 \text{ г}}{171 \text{ г/моль}} = 0,04 \text{ моль.}$$

$\text{Ba}(\text{OH})_2$ будет реагировать с CO_2 по уравнению:



В соответствии с уравнением химической реакции 0,025 моль CO_2 реагирует с 0,04 моль $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Значит, гидроксид бария находится в избытке, поэтому расчет массы осадка BaCO_3 проводим по CO_2 .

111

Согласно (2):

$$n(\text{BaCO}_3) = n(\text{CO}_2); \quad n(\text{BaCO}_3) = 0,025 \text{ моль.}$$

Определим массу осадка:

$$m(\text{BaCO}_3) = n(\text{BaCO}_3) \cdot M(\text{BaCO}_3) = 0,025 \text{ моль} \cdot 197 \text{ г/моль} = 4,93 \text{ г.}$$

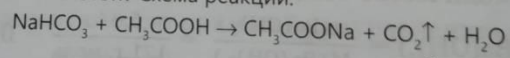
Ответ: 4,93 г.



Иногда в решении задач встречаются такие расчеты, где следует применять понятия “примесь” и “чистое вещество”.

Для того чтобы решить такую задачу, следует определить массу или объем чистого вещества, отбросив примеси, и найти по нему данные продуктов реакции или исходных веществ.

- 1. Массовая доля углерода в угле составляет 95%. Рассчитайте массу этого угля, которая потребуется для восстановления до металла 54 г оксида олова (II). Углерод окисляется до оксида углерода (II).
Ответ: 5,05 г.
- 2. При сгорании угля массой 187,5 г образовался оксид углерода (IV) объемом 336 л (н. у.). Вычислите массовую долю углерода в угле.
Ответ: 96%.
- 3. Руду, содержащую карбонат кальция, разложили при нагревании. При этом выделился газ объемом 19,6 л (н. у.). Найдите массовую долю карбоната кальция в руде, если масса разложенной руды была равна 100 г.
Ответ: 87,5%.
- 4. При действии на смесь меди и железа массой 20 г избытком соляной кислоты выделилось 5,6 л газа (н. у.). Определите массовые доли металлов в смеси.
Ответ: 70% железа, 30% меди.
- 5. При разложении 8,06 г смеси перманганата калия и бертолетовой соли выделилось 1,568 л кислорода (н. у.). Найдите состав смеси.
Ответ: 3,16 г KMnO_4 ; 4,9 г KClO_3 .
- 6. При растворении в растворе щелочи 2 г сплава алюминия с цинком выделилось 1,904 л водорода (н. у.). Определите массовые доли металлов в сплаве.
Ответ: 32,5% Zn; 67,5% Al.
- 7. Провели реакцию между 67,2 м³ водорода и 44,8 м³ азота (н. у.). Вычислите объем аммиака. Каким газом загрязнен полученный аммиак?
Ответ: V: 44,8 м³.
- 8. Смесь оксида углерода (IV) и азота объемом 1,6 л пропустили через известковую воду, выпал осадок массой 2 г. Определите объемные доли газов в смеси.
Ответ: $\varphi(\text{CO}_2)=28\%$; $\varphi(\text{N}_2)=72\%$.
- 9. Какой объем (н. у.) углекислого газа займут поры бисквитного торта, если для его приготовления пекарь взял 2 г пищевой соды с содержанием примесей 0,1% и погасил уксусной кислотой? Схема реакции:



- 10*. а) Сколько литров (н. у.) аммиака улетучится через вентиляцию кладовой комнаты у нерадивого хозяина, хранящего на мешке с 10 кг сульфата аммония, где 4% примесей, мешок с 2 кг извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, где 2% примесей, если на момент весенней посадки растений извести осталось 200 г? Сколько килограммов сульфата аммония не получит огород хозяина?

Ответ: $V(\text{NH}_3) = 1,065$ л улетучится;
 $m_2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 3,14$ кг не получит огород.

§27. ЗАДАЧИ НА “ИЗБЫТОК” И “НЕДОСТАТОК”

В условиях задач на “избыток” и “недостаток” указаны массы или объемы двух реагирующих веществ, одно из которых дано в избытке, поэтому при решении таких задач нужно определить, какое вещество взято в избытке.

Расчет массы или объема продукта реакции ведется по данным вещества, взятого в недостатке, так как вещество в недостаточном количестве полностью вступает в реакцию.

Задачи этого типа определить несложно: даны два исходных вещества, а найти нужно третье вещество — продукт реакции.

Сегодня на уроке:

- научимся решать задачи с использованием понятий “избыток” и “недостаток”.

Ключевые понятия

- моль
- молярная масса
- масса
- избыточное количество вещества

третье вещество — продукт реакции.

Алгоритм решения задачи:

1. Прочитать внимательно условие задачи.
2. Записать, что дано и что нужно найти.
3. Составить уравнение химической реакции по описанию в условии задачи.
4. Подчеркнуть те вещества, которые даны в задаче и которые нужно найти.
5. Под подчеркнутыми веществами подписать количество моль каждого (по уравнению) соединения.
6. Найти количество вещества для каждого из исходных веществ по формулам:

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

где M — молярная масса вещества, V_m — молярный объем = 22,4 л/моль.

7. Написать над подчеркнутыми веществами их количество по условию задачи, а над веществом — массу (объем) которого нужно найти, поставить X.

8. Сопоставить соотношение количества вещества по уравнению и условию (сравнить две дроби), сделать вывод. Найти избыточное вещество и исключить его из решения.

9. Составить пропорцию, учитывая вещество, которое в недостатке, и решить ее.

10. После нахождения количества продукта реакции (моль) перевести это количество в массу (объем) в зависимости от того, что спрашивается в задаче.

Задача. Вычислите массу осадка, который образуется при сливании растворов, один из которых содержит 522 г нитрата бария, а второй — 500 г сульфата калия.

- избыточное количество вещества
- недостаточное количество вещества

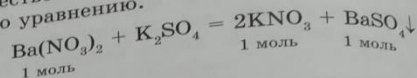
Дано:

$$m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 522 \text{ г}$$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 500 \text{ г}$$

$$m(\text{BaSO}_4) = ?$$

Решение. 1. Напишем уравнение реакции, подчеркнем, что дано/найти. Подпишем внизу под уравнением количество моль всех подчеркнутых веществ по уравнению.



$$M(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 261 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{BaSO}_4) = 233 \text{ г/моль}.$$

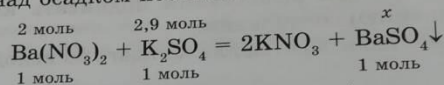
2. Найдем количество вещества для каждого из исходных веществ по формуле:

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

$$n(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = \frac{522 \text{ г}}{261 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль};$$

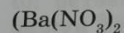
$$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{500 \text{ г}}{174 \text{ г/моль}} = 2,9 \text{ моль}.$$

3. Над уравнением подпишем количество вещества данных веществ по уравнению, над осадком поставим x .



4. Найдем, какое из данных веществ в избытке. Сравним дроби:

$$\frac{2}{1} < \frac{2,9}{1} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 \text{ взят в избытке. Задачу решаем по недостатку}$$



5. Составим пропорцию: $2/1 = x/1$, $x = 2$ (моль).

6. Так как спрашивается масса осадка, переводим количество вещества в массу по формуле: $m = n \cdot M$

$$m(\text{BaSO}_4) = 2 \text{ моль} \cdot 233 \text{ г/моль} = 466 \text{ г}.$$

$$\text{Ответ: } m(\text{BaSO}_4) = 466 \text{ г}.$$



При решении задач на “избыток” и “недостаток” нужно определить, какое вещество взято в избытке. Расчет массы или объема продукта реакции ведется по данному веществу, взятого в недостатке, так как вещество в недостаточном количестве полностью вступает в реакцию.

- 1. На 47 г оксида калия подействовали раствором, содержащим 40 г азотной кислоты. Найдите массу образовавшегося нитрата калия.
Ответ: 60,6 г.
- 2. На оксид магния количеством вещества 0,1 моль подействовали раствором, содержащим 15 г азотной кислоты. Вычислите массу полученной соли.
Ответ: 14,8 г.
- 3. Вычислите массу соли, образовавшейся в результате взаимодействия 7,3 г хлороводорода с 5,6 л аммиака (н. у.).
Ответ: 10,7 г.
- 4. Вычислите объем водорода, выделившегося при взаимодействии цинка массой 13 г с раствором, содержащим 30 г серной кислоты (н. у.).
Ответ: 4,48 л.
- 5. Для сгорания 24 г угля взяли 67,2 л (н. у.) кислорода. Вычислите объем образовавшегося углекислого газа.
Ответ: 44,8 л.
- 6. Какой объем водорода (н. у.) потребуется для восстановления оксида меди (II), полученного при термическом разложении гидроксида меди (II) массой 19,6 г?
Ответ: 4,48 л.
- 7*. При взаимодействии 12,8 г металла с избытком 60%-ной азотной кислоты выделяется 8,96 л (н. у.) бурого газа и образуется соль, в которой степень окисления металла равна +2. Установите, что это за металл.
- 8. Водный раствор, содержащий гидроксид кальция массой 3,7 г, поглотил оксид углерода (IV) объемом 1,68 л (н. у.). Определите массу образовавшегося осадка.
Ответ: $m(\text{CaCO}_3) = 2,5$ г.
- 9*. Серу массой 8 г сплавили с 10,5 г железа. Полученный продукт обработали избытком раствора соляной кислоты. Определите объем газа, который при этом может быть получен.
Ответ: 5,6 л.

115 стр.

Домашнее задание

1) Написать конспект по слайдам или по учебнику. Прочитать параграфы № 25-27 стр. 107- 115; Химия 10 класс (ЕМН) Оспанова М.К.

2) Решить задачи , смотрите страницы выше.

А) Стр. 108 № 2

Б) Стр. 112 № 2

В) Стр. 115 № 1