

# Химия

## с сельскохозяйственным содержанием

Валерий  
Артемьев,  
преподаватель  
Пензенского  
педагогического  
института

**В** представленном материале показана методика решения задач с использованием физической величины «количество вещества» и единицы её измерения «моль». При составлении текста задач пользовались общепринятыми положениями, которые выражаются в следующем:

а) указывать, какую физическую величину следует определить в задаче, к примеру: «определите массу вещества, объём газа, количество вещества, объём раствора, массу раствора, количество теплоты и т.д.» (вместо часто встречающегося выражения: «сколько хлорида натрия получится, если...»). Ученик, решая задачу, должен чётко представлять, какую физическую величину ему следует найти в задаче;

б) в тексте задачи указывать, какие вещества, растворы, смеси и т.д. даются для решения задачи, затем указать физическую величину вещества, далее число, выражающее физическую величину, и единицу измерения физической величины, к примеру: «При взаимодействии хлора объёмом 20 л...»; или: «... получилась медь количеством вещества 2,5 моль»; или: «... выпал осадок хлорида серебра массой 10 г» и т.д. (вместо встречающихся выражений типа: «при взаимодействии 20 л хлора...»; или: «... получили 2 моль меди»; или: «... образовалось 10 г осадка сульфата бария») и т. д.

Методика решения задач имеет следующие характерные особенности:

а) межпредметная основа при использовании математических формул рассматриваемых в химии зависимостей типа:

$$v = \frac{m}{M} \quad \%(x) = \frac{m(x) \times 100}{m_{\text{р-ра}}} \quad C_m = \frac{v}{V_{\text{р-ра}}} \text{ (л)}.$$

(вместо распространённого приёма решения задач с использованием пропорциональной зависимости).

б) дедуктивная логика раскрытия схемы решения расчётной задачи. Она выражается приведением математического выражения,

по которому рассчитывают итоговый ответ на поставленный вопрос задачи, далее анализ этой математической зависимости для нахождения нужной, но неизвестной величины, затем расчёт этой величины и т.д.

в) в ходе химических расчётов обязательно указание всех единиц измерения физических величин, используемых в решении задач.

При решении задач следует помнить:

а) если масса реагирующего вещества выражена в граммах, то объём получаемого газа выражается в литрах ( $\text{дм}^3$ ). Если же масса дана в килограммах, то объём получаемого газа выражается в кубических метрах ( $\text{м}^3$ );

б) при использовании в расчётах массы, выраженной в кг, молярную массу следует выражать в кг/кмоль, количество вещества в кмоль, а молярный объём газа в  $\text{м}^3/\text{кмоль}$ , например:

$$V_m(\text{CO}_2) = 22,4 \frac{\text{м}^3}{\text{кмоль}}$$

### Вычисление относительной молекулярной массы

**Пример 1.** Вычислите относительные молекулярные массы веществ, используемых в фермерских хозяйствах: а) хлорид кальция  $\text{CaCl}_2$  — для подкормки животных; б) оксид серы (IV)  $\text{SO}_2$  — для уничтожения паутинного клещика в теплицах; в) безводный раствор аммиака  $\text{NH}_3$  — для обогащения азотом почвы. Какие простые вещества образуют элементы, входящие в состав этих сложных веществ?

- Дано:*
- а)  $\text{Ar}(\text{Ca}) = 40$   
 $\text{Ar}(\text{Cl}) = 35,5$
  - б)  $\text{Ar}(\text{S}) = 32$   
 $\text{Ar}(\text{O}) = 16$
  - в)  $\text{Ar}(\text{N}) = 14$   
 $\text{Ar}(\text{H}) = 1$

- Найти:*
- а)  $\text{Mr}(\text{CaCl}_2) - ?$
  - б)  $\text{Mr}(\text{SO}_2) - ?$
  - в)  $\text{Mr}(\text{NH}_3) - ?$

- Решение:*
- а)  $\text{Mr}(\text{CaCl}_2) = \text{Ar}(\text{Ca}) + 2\text{Ar}(\text{Cl})$ ,  
 $\text{Mr}(\text{CaCl}_2) = 40 + 2 \cdot 35,5 = 111$ .

Простые вещества:

- а)  $\text{Ca}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $(\text{S}_8)$ ,  $\text{O}_2$ .
- б)  $\text{Mr}(\text{SO}_2) = \text{Ar}(\text{S}) + 2\text{Ar}(\text{O})$ ,  
 $\text{Mr}(\text{SO}_2) = 32 + 2 \cdot 16 = 64$ .
- в)  $\text{Mr}(\text{NH}_3) = \text{Ar}(\text{N}) + 3\text{Ar}(\text{H})$ ,  
 $\text{Mr}(\text{NH}_3) = 14 + 1 \cdot 3 = 17$ .

- Ответ:*
- а) относительная молекулярная масса  $\text{CaCl}_2$  равна 111;
  - б) относительная молекулярная масса  $\text{SO}_2$  равна 64;
  - в) относительная молекулярная масса  $\text{NH}_3$  равна 17; элементы образуют простые вещества:  $\text{Ca}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{S}$  ( $\text{S}_8$ ),  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ .

**Пример 2.** Вычислите относительные молекулярные массы ниже перечисленных веществ, применяемых для известкования почв:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Запишите отношения относительных атомных масс элементов, входящих в состав данных веществ.

**Пример 3.** Для подкормки комнатных растений используют раствор калиевой селитры  $\text{KNO}_3$ . Определите относительную молекулярную массу селитры. Запишите, какие химические элементы входят в её состав и какие простые вещества они образуют.

**Пример 4.** В состав горючего сельскохозяйственных ма-

шин входит вещество гексан, содержащее 6 атомов углерода и 14 атомов водорода.

1) Напишите химическую формулу гексана; 2) Вычислите его относительную молекулярную массу.

### Вычисление массовой доли (%) элементов по формулам веществ

**Пример 1.** Рассчитайте массовые доли каждого из элементов в сульфате аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , который применяется для консервирования початков кукурузы в силосных ямах.

*Дано:*  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

*Найти:*

$\omega\%(\text{N}) - ?$   $\omega\%(\text{H}) - ?$   
 $\omega\%(\text{S}) - ?$   $\omega\%(\text{O}) - ?$

*Решение:* В расчётную формулу:

$$\omega\% = \frac{\text{Ar}(\text{эл}) \cdot 100\%}{\text{Mr}(\text{вещ-ва})} \text{ найдём и}$$

подставим соответствующие данные:

$$\text{Mr}((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 2\text{Ar}(\text{N}) + 8\text{Ar}(\text{H}) + \text{Ar}(\text{S}) + 4\text{Ar}(\text{O});$$

$$\text{Mr}((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 14 + 8 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 132.$$

$$\omega\%(\text{N}) = \frac{2\text{Ar}(\text{N})}{\text{Mr}((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)} 100\%,$$

$$\omega\%(\text{N}) = \frac{2 \cdot 14}{132} 100\% = 21,21\%.$$

$$\omega\%(\text{H}) = \frac{8\text{Ar}(\text{H})}{\text{Mr}((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)} 100\%,$$

$$\omega\%(\text{H}) = \frac{8 \cdot 1}{132} 100\% = 6,06\%.$$

$$\omega\%(\text{S}) = \frac{\text{Ar}(\text{S})}{\text{Mr}((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)} 100\%,$$

$$\omega\%(\text{S}) = \frac{32}{132} 100\% = 24,24\%.$$

$$\omega\%(\text{O}) = \frac{4\text{Ar}(\text{O})}{\text{Mr}((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)} 100\%,$$

$$\omega\%(\text{O}) = \frac{4 \cdot 16}{132} 100\% = 48,48\%.$$

*Ответ:*

$$\omega\%(\text{N}) = 21,21\%;$$

$$\omega\%(\text{H}) = 6,06\%;$$

$$\omega\%(\text{S}) = 24,24\%;$$

$$\omega\%(\text{O}) = 48,48\%.$$

**Пример 2.** Для протравливания посевных материалов против грибковых и бактериальных заболеваний используются химические соединения меди:  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{CuCl}_2$ . Сравните массовую долю меди (%) в этих соединениях и сделайте вывод, какое вещество более выгодно использовать в хозяйстве, если предположить, что их стоимость примерно одинакова?

**Пример 3.** За один сезон пшеница выносит с пашни площадью 1 га азота массой до 75 кг. Какое из перечисленных веществ, содержащих азот, вы приобрели бы для восполнения азота в почве:  $\text{NaNO}_3$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ?

### Расчёты по химическим формулам

**Пример 1.** Хлорид некоторого двухвалентного металла, используемого для свёртывания молока в сыроварении, содержит хлор массовой долей 63,9%. Определите, какой металл входит в состав хлорида и его молярную массу.

*Дано:*



$$\omega\%(\text{Cl}) = 63,9\%$$

*Найти:*

Me — ?

M ( $\text{MeCl}_2$ ) — ?

*Решение:*

1. По формуле  $\omega\%(\text{Cl})$  определим Mr ( $\text{MeCl}_2$ ):

$$\omega\%(\text{Cl}) = 2\text{Ar}(\text{Cl}) \cdot 100\% / \text{Mr}(\text{MeCl}_2)$$

$$\begin{aligned} M_r(\text{MeCl}_2) &= \frac{2A_r(\text{Cl}) \cdot 100\%}{\omega\%} = \\ &= \frac{2 \cdot 35,5 \cdot 100\%}{63,9} = 111. \end{aligned}$$

$M_r = M$ ;  $M(\text{MeCl}_2) = 111 \text{ г/моль}$ .

2. Из выражения  $M_r(\text{MeCl}_2) = A_r(\text{Me}) + 2A_r(\text{Cl})$  вычислим  $A_r(\text{Me})$ :  $A_r(\text{Me}) = M_r(\text{MeCl}_2) - 2A_r(\text{Cl}) = 111 - 2 \cdot 35,5 = 111 - 71 = 40$ .

Двухвалентный металл с  $A_r = 40$  — кальций

*Ответ:* кальций;

$M(\text{CaCl}_2) = 111 \text{ г/моль}$ .

**Пример 2.** Против домовых грибков в сельской местности древесину пропитывают фторидом натрия NaF. Какой массе фторида натрия соответствует молекулярный фтор массой 20 кг?

*Дано:*  $m(\text{F}_2) = 20 \text{ кг}$ .

*Найти:*  $m(\text{NaF}) = ?$

*Решение:*

1. Запишем условную схему:

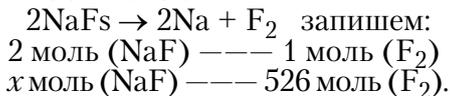


2. Массу NaF рассчитываем по формуле:  $\omega(\text{NaF}) = \nu(\text{NaF}) \cdot M(\text{NaF})$ .

3. Определяем  $\nu(\text{F}_2)$  для нахождения  $\nu(\text{NaF})$ :

$\nu(\text{F}_2) = \omega(\text{F}_2) : M(\text{F}_2) = 20 \text{ кг} : 38 \text{ кг/кмоль} = 0,526 \text{ кмоль} = 526 \text{ моль}$ .

4. Согласно схемы:



$$x = \frac{526 \text{ моль} \cdot 2 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 1052 \text{ моль}.$$

5. Вычисляем массу фторида натрия:

$\omega(\text{NaF}) = \nu \cdot M = 1052 \text{ моль} \cdot 42 \text{ г/моль} = 44184 \text{ г} = 44,184 \text{ кг}$ .

*Ответ:* Молекулярный фтор массой 20 кг может образовывать фторид натрия массой 44,184 кг.

**Пример 3.** Чтобы проверить бензин на содержание воды, в него добавляют вещество, состоящее из меди, серы и кислорода. Массы элементов в этом соединении соответственно относятся, как 2 : 1 : 2. Определите формулу вещества.

**Пример 4.** Для получения однородного и устойчивого при хранении творога в молоко добавляют водный раствор газа, состоящего из водорода и хлора массовой долей 97,26%. Определите формулу газа.

**Пример 5.** Сбивание сливочного масла, маргарина, сушку цельного молока рекомендуется проводить в атмосфере инертного газа. Какой массе нитрата калия будет соответствовать инертный азот: а) объемом 350 л; б) массой 400 г.

**Пример 6.** Определите, какая масса олова будет содержаться в сульфиде олова SnS массой 300 мг, который в виде чёрного налёта образуется на покрытых оловом консервных банках с бобами.

### Вычисление по химическим уравнениям масс веществ по известному количеству вещества одного из вступающих или получающихся в реакции

**Пример 1.** При соединении паров серы с углеродом получают при высокой температуре сероуглерод  $\text{CS}_2$ , используемый для борьбы с филлоксерой на виноградниках. Составьте уравнение реакции и рассчитайте массу сероуглерода, если в реакции участвовала сера количеством вещества 7,4 моль.

1. Дано:  $n(S) = 7,4$  моль.

Найти:  $m(CS_2) - ?$

Решение:

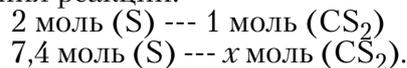
Составим уравнение реакции и запишем данные задачи:



Напишем математическую формулу расчёта  $m(CS_2)$ :

$$m(CS_2) = v(CS_2) \cdot M(CS_2).$$

Анализ этой формулы показывает, что для ответа на вопрос задачи нужно найти количество вещества ( $CS_2$ ). Эту величину найдем согласно уравнения реакции:



$$x = \frac{7,4 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 3,7 \text{ моль.}$$

2. Подставляем найденные величины  $v(CS_2)$  и  $M(CS_2)$  в формулу расчёта  $m(CS_2)$ :  
 $m(CS_2) = 3,7 \text{ моль} \cdot 76 \text{ г/моль} = 281,2 \text{ г.}$

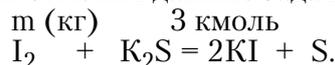
Ответ: Масса сероуглерода равна 281,2 г.

**Пример 2.** Для удаления избыточной завязи и цветов на яблонях в период цветения плодовые деревья опрыскивают водным раствором иодида калия KI. Определите необходимую массу йода для получения иодида калия количеством вещества 3 кмоль по химической реакции:  $I_2 + K_2S = 2KI + S$ .

Дано:  $v(KI) = 3$  кмоль.

Найти:  $m(KI) - ?$

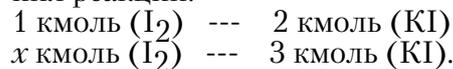
Решение: В уравнении реакции отметим данные задачи:



Запишем математическую формулу расчёта  $m(I_2)$ :

$$m(I_2) = v(I_2) \cdot M(I_2).$$

Неизвестную величину  $v(I_2)$  найдем согласно уравнения реакции:



$$x = \frac{3 \cdot 1}{2} = 1,5 \text{ кмоль } (I_2).$$

Определяем массу йода:

$$m(I_2) = v \cdot M = 1,5 \text{ кмоль} \cdot 254 \text{ кг/кмоль} = 381 \text{ кг.}$$

Ответ: Для получения иодида калия количеством вещества 3 кмоль необходимо затратить йод массой 381 кг.

**Пример 3.** Для сохранения кукурузного силоса производят его обработку по всему объёму углекислым газом  $CO_2$ , который приводит к гибели гнилостных микроорганизмов в отсутствие кислорода. На основе реакции  $CaCO_3 = CaO + CO_2$  рассчитайте массу карбоната кальция  $CaCO_3$ , необходимого для получения  $CO_2$  массой 30 кг, достаточного для обработки корма массой 100 кг.

**Пример 4.** Какая масса меди вытеснится из раствора сульфата меди цинком количеством вещества 0,2 моль. Назовите продукты реакции, один из которых используют фермеры для борьбы с некоторыми вредителями и болезнями растений.

**Пример 5.** Для газации зернохранилищ оксидом серы (IV) в целях истребления насекомых часто сжигают серу. Напишите уравнение реакции и рассчитайте массу серы, необходимую для получения  $SO_2$  количеством вещества 2250 моль. Какой объём зернохранилища будет обработан им при норме серы массой 24 г на  $1 \text{ м}^3$  помещения.

### Вычисления по химическим уравнениям объёма газов по известному количеству вещества одного из вступающих в реакцию или получающихся в результате её

**Пример 1.** С поливной водой для улучшения структуры солонцовых и солонцеватых почв вносят сульфат железа (II), получаемый при взаимодействии железного лома с серной кислотой. Какой объём водорода (н.у.) выделяется при этом, если железный лом используется с содержанием железа количеством вещества 2 моль?

*Дано:*  $\nu(\text{Fe}) = 2$  моль.

$V_m = 22,4$  л/моль.

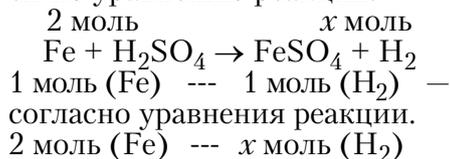
*Найти:*  $V(\text{H}_2)$  н.у. — ?

*Решение:*

1. Объём водорода будем рассчитывать по формуле:

$$V(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot V_m.$$

2. Отмечаем неизвестную величину  $\nu(\text{H}_2)$ , которую определяем по уравнению реакции:



$$x = \frac{2 \cdot 1}{1} = 2 \text{ моль (H}_2).$$

3. Приводим расчёт объёма водорода:

$$V(\text{H}_2) = 2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ моль/л} = 44,8 \text{ л (H}_2).$$

*Ответ:* При взаимодействии железа количеством вещества 2 моль с серной кислотой выделяется водород объёмом 44,8 л.

**Пример 2.** Азот предохраняет овощи и фрукты от гниения

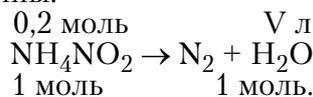
при хранении. Какой объём азота N<sub>2</sub> можно получить при разложении нитрита аммония NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> количеством вещества 0,2 моль по уравнению реакции: NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> = N<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O

*Дано:*  $\nu(\text{NH}_4\text{NO}_2) = 0,2$  моль.

*Найти:*  $V(\text{N}_2)$  н.у. — ?

*Решение:*

1. Запишем уравнение реакции, отметив данные в условии величины:



2. Объём азота вычисляем по формуле:  $V(\text{N}_2) = \nu(\text{N}_2) \cdot V_m$ .

3. Находим  $\nu(\text{N}_2)$ . По уравнению реакции из нитрита аммония NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> количеством вещества 1 моль получается азот количеством вещества 1 моль. По условию задачи количество вещества NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> равно 0,2 моль. Следовательно, и количество вещества азота равно 0,2 моль.

4. Находим объём азота, подставив  $\nu(\text{N}_2)$  и  $V_m$ :  
 $V(\text{N}_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ л}.$

*Ответ:* При разложении нитрита аммония количеством вещества 0,2 моль выделяется азот объёмом 4,48 л.

**Пример 3.** При заболевании крупного рогатого скота ящуром их поят прохладной водой с добавлением хлороводорода HCl. Рассчитайте объём хлора, необходимого для получения хлороводорода HCl количеством вещества 5 моль.

**Пример 4.** При окислении сероводорода H<sub>2</sub>S, предварительно отделённого от природного газа, получают серу, которая применяется для борьбы с кислотой и чёрной ножкой капусты. Какой объём (н.у.) сероводорода

и кислорода потребуется для получения серы количеством вещества 4,4 моль, достаточного для полива в смеси с водой 1 га пашни при высадке рассады в открытый грунт?

**Пример 5.** Чтобы каменный уголь лучше горел, в котельных его смачивают водой. При высокой температуре печи пары воды реагируют с углём, образуя горючие газы — водород и угарный газ CO. Составьте уравнение реакции и рассчитайте объём водорода и угарного газа CO (н.у.), полученные при «сгорании» воды массой 36 кг.

### Вычисление по химическим уравнениям массы вещества или объёма газов по известной массе или объёму одного из вступающих в реакцию веществ или получающихся в результате её

Задачи данного типа решаются аналогично рассмотренным ранее двум предыдущим типам. Необходимо величину массы или объёма вещества, данные в условии, перевести в величину количества вещества:

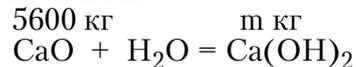
$$\nu(X) = \frac{V(X)}{V_m} \quad \text{и} \quad \nu(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

**Пример 1.** Гидроксид кальция, используемый в производстве сахара из сахарной свёклы, получают из оксида кальция. Рассчитайте массу  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , если для реакции имели оксид кальция массой 5600 кг.

*Дано:*  $m(\text{CaO}) = 5600$  кг.  
*Найти:*  $m(\text{Ca}(\text{OH})_2) - ?$

*Решение:*

1. Запишем уравнение реакции, отметив данные в условии задачи величины:



2. Расчёт массы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  будем вести по формуле:

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) \cdot M(\text{Ca}(\text{OH})_2)$$

3. Вычислим  $\nu(\text{CaO})$  и по этой величине определим согласно уравнения реакции  $\nu(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ :

$$\text{а) } \nu(\text{CaO}) = m / M = 5600 \text{ кг} : 56 \text{ кг/кмоль} = 100 \text{ кмоль};$$

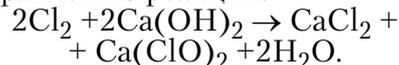
$$\text{б) по уравнению реакции: } \nu(\text{CaO}) = \nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 100 \text{ кмоль.}$$

Рассчитаем массу основания по формуле:

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 100 \text{ кмоль} \cdot 74 \text{ кг/кмоль} = 7400 \text{ кг.}$$

*Ответ:* Из оксида кальция массой 5600 кг получится гидроксид кальция массой 7400 кг.

**Пример 2.** Какая масса гипохлорита кальция  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , сильного дезинфицирующего средства, может быть получена из хлора объёмом 67,2 м<sup>3</sup> по уравнению реакции:



### Вычисление массовой доли (%) и массы вещества в растворе. Расчёт молярной концентрации раствора

**Пример 1.** Орошение зеленой массы люцерны раствором  $\text{K}_2\text{CO}_3$  массовой долей 2% ускоряет сушку сена. Определите массу карбоната калия, необходимого для приготовления раствора массой 400 кг, достаточного для обработки 1 га скошенной люцерны.

*Дано:*  $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2\%$

$m_{\text{р-ра}} = 400$  кг.  
**Найти:**  $m(\text{K}_2\text{CO}_3) - ?$   
**Решение:**

1. Записываем формулу для определения массовой доли  $\omega\%$  растворённого вещества в растворе и обозначим неизвестную величину в ней —  $m(\text{K}_2\text{CO}_3)$ :

$$\omega\%(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot 100\%}{m_{\text{р-ра}}}$$

2. Рассчитаем массу растворённого  $\text{K}_2\text{CO}_3$ :

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{\omega\% \cdot m_{\text{р-ра}}}{100\%}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = \frac{2\% \cdot 400 \text{ кг}}{100\%} = 8 \text{ кг.}$$

**Ответ:** В растворе массой 400 кг и массовой долей 2% содержится карбонат калия массой 8 кг.

**Пример 2.** Для дезинфекции раны у животных применяют йодную настойку, представляющую собой спиртовой раствор йода массовой долей 10%. Какая масса кристаллического йода и спирта потребуются для приготовления настойки массой 200 г?

**Дано:**  $\omega\%(\text{I}_2) = 10\%$   
 $m_{\text{р-ра}} = 200$  г.

**Найти:**  $m(\text{I}_2) - ?$   
 $m(\text{спирта}) - ?$

**Решение:**

1. Задачу решаем, используя формулу:

$$\omega\% = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\%.$$

2. Определяем массу йода в растворе:

$$m(\text{I}_2) = \frac{10\% \cdot 200 \text{ г}}{100\%} = 20 \text{ г.}$$

3. Зная, что  $m_{\text{р-ра}} = m_{\text{в-ва}} + m_{\text{р-ля}}$ , находим  $m(\text{спирта})$ , т.е. массу растворителя:  $m(\text{спирта}) = m_{\text{р-ра}} - m(\text{I}_2)$ .

$m_{\text{спирта}} = 200 \text{ г} - 20 \text{ г} = 180 \text{ г.}$

**Ответ:** Для приготовления настойки йода массой 200 г необходимо взять йод массой 20 г и спирт массой 180 г.

**Пример 3.** Для улучшения питательных свойств соломы перед скармливанием её обрабатывают в течение 15 часов раствором едкого натра. Определите массовую долю (%) NaOH в растворе объёмом 1,54 л ( $\rho = 1,525$  кг/л), содержащего едкий натр массой 1,25 кг (на 1 т соломы).

**Пример 4.** Перевариваемость животными луговых опилок достигает уровня хорошего сена после обработке их 9-процентной серной и 3-процентной азотной кислотами в термобарокамерах с последующей нейтрализацией кислот щёлочью. Определите массу серной и азотной кислот для приготовления указанных растворов массой 20 кг.

**Пример 5.** К раствору щёлочи NaOH, которая используется для дезинфекции животноводческих помещений, объёмом 400 мл, плотностью 1,1 г/см<sup>3</sup> и массовой долей NaOH в растворе 0,15 добавили воду массой 60 г. Определите массовую долю NaOH в полученном растворе.

**Пример 6.** Для получения хрустящей квашеной капусты в рассол добавляют раствор хлорида кальция. Рассчитайте молярную концентрацию этого раствора, если раствор объёмом 250 мл содержит хлорида кальция массой 23 г.

Запишем «дано» задачи и произведём расчёт.

**Дано:**  $m(\text{CaCl}_2) = 23$  г;

$$V_{\text{р-ра}}(\text{CaCl}_2) = 250 \text{ мл.}$$

$$\text{Найти: } C_{\text{м}} - ?$$

*Решение:*

1. Запишем формулу расчёта молярной концентрации раствора:

$$C_{\text{м}} = \frac{\nu \text{ (моль)}}{V_{\text{р-ра}} \text{ (л)}}.$$

2. Для решения задачи найдём  $\nu$  ( $\text{CaCl}_2$ ), а объём раствора выразим в литрах:

$$\nu(\text{CaCl}_2) = \frac{23 \text{ г}}{111 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,207 \text{ моль};$$

$$V_{\text{р-ра}} = 250 \text{ мл} = 0,25 \text{ л.}$$

3. Проведём расчёт  $C_{\text{м}}$  раствора:  
 $C_{\text{м}} = 0,207 \text{ моль} : 0,25 \text{ л} = 0,828 \text{ моль/л.}$

*Ответ:* Раствор молярной концентрации 0,828 моль/л.

**Пример 7.** Для снятия кожицы с помидоров используют горячий раствор пищевой соды  $\text{NaHCO}_3$  молярной концентрацией 0,45 моль/л. Определите массу  $\text{NaHCO}_3$  для приготовления раствора объёмом 3 литра.

*Дано:*

$$C_{\text{м}}(\text{NaHCO}_3) = 0,45 \text{ моль/л};$$

$$V_{\text{р-ра}} = 3 \text{ л.}$$

$$\text{Найти: } m(\text{NaHCO}_3) - ?$$

*Решение:*

1. Запишем формулу расчёта  $C_{\text{м}}$  и выведем из неё искомую величину  $\nu$ , затем  $m(\text{NaHCO}_3)$ :

$$C_{\text{м}} = \frac{\nu(\text{NaHCO}_3)}{V_{\text{р-ра}} \text{ (л)}};$$

$$\nu(\text{NaHCO}_3) = C_{\text{м}} \cdot V_{\text{р-ра}} \text{ (л)}$$

$$\nu = \frac{m}{M}, \quad m = \nu \cdot M,$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = C_{\text{м}} \cdot V_{\text{р-ра}} \cdot M.$$

2. Проведём расчёт массы соды:

$$m(\text{NaHCO}_3) = 0,45 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 3 \text{ л} \cdot 84 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 113,4 \text{ г.}$$

*Ответ:* Масса  $\text{NaHCO}_3$  равна 113,4 г.

**Пример 8.** Для уничтожения однолетних сорняков используют контактный гербицид роданид натрия  $\text{NaCNS}$  молярной концентрацией 0,003 моль/л. Рассчитайте массу роданида натрия в растворе объёмом 7 л.

### Расчёт объёмных отношений газов по химическим уравнениям

**Пример 1.** Влажное сено хорошо сохраняется и имеет зелёный цвет при обработке его в стогу газообразным аммиаком  $\text{NH}_3$ . Какой объём водорода потребуется для получения аммиака объёмом 130 л (н.у.), достаточного для обработки сена люцерны массой 10 кг?

$$\text{Дано: } V(\text{NH}_3) \text{ н.у.} = 130 \text{ л.}$$

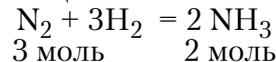
$$\text{Найти: } V(\text{H}_2) - ?$$

*Решение:*

1. Записать закон объёмных отношений в математической форме и отметить искомую величину —  $V(\text{H}_2)$ .

$$\frac{V(\text{H}_2)}{V(\text{NH}_3)} = \frac{\nu(\text{H}_2)}{\nu(\text{NH}_3)}.$$

2. Записать уравнение реакции и отметить количество вещества, расходуемого водорода и получающегося аммиака:



$$3 \text{ моль} \qquad 2 \text{ моль}$$

3. Рассчитать  $V(\text{H}_2)$ :

$$V(\text{H}_2) = \frac{V(\text{NH}_3) \cdot \nu(\text{H}_2)}{\nu(\text{NH}_3)} =$$

$$= \frac{130 \text{ л} \cdot 3 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 195 \text{ л.}$$

*Ответ:* Для получения аммиака объёмом 130 л (н.у.) требуется водород объёмом 195 л.

**Пример 2.** В фермерских хозяйствах этилен  $C_2H_4$  применяют для дозревания плодов. На основании объёмных отношений газов определите, какой объём этилена сгорит, если образуется углекислый газ  $CO_2$  объёмом 20 л и вода. Запишите уравнение реакции.

**Пример 3.** В процессе горения водорода в хлоре образуется хлороводород, водный раствор которого — соляная кислота — используется для орошения разнотравья при силосовании. Определите объём хлороводорода, полученного при расходе хлора объёмом 44,8 м<sup>3</sup>.

**Пример 4.** Один гектар зерновых культур в процессе фотосинтеза за один день ассимилирует углекислый газ объёмом 51 м<sup>3</sup>. Какой объём кислорода выделится в атмосферу, если учесть, что количество вещества поглощенного углекислого газа и выделившегося кислорода в этом процессе равны?

**Пример 5.** Какой объём кислорода потребуется для полного сгорания в печи котельной ядовитого угарного газа CO объёмом 20 м<sup>3</sup>?

### Вычисление относительной плотности газов

**Пример 1.** Рассчитайте относительную плотность хлора по воздуху и ответьте, можно ли пользоваться газообразным хлором для уничтожения полевых грызунов в их норах.

$$\text{Дано: } M_r(Cl_2) = 71;$$

$$M_r_{\text{возд.}} = 29.$$

$$\text{Найти: } D_{\text{возд.}}(Cl_2) - ?$$

*Решение:*

$$D_{\text{возд.}}(Cl_2) = \frac{M_r(Cl_2)}{M_r_{\text{возд.}}};$$

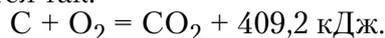
$$D_{\text{возд.}}(Cl_2) = \frac{71}{29} = 2,45.$$

*Ответ:* Относительная плотность воздуха по хлору равна 2,45, т.е. хлор в 2,45 раза тяжелее воздуха, что является условием сохранения газа в норах и уничтожения грызунов.

**Пример 2.** Для консервирования початков кукурузы в силосных ёмкостях используют нестойкое соединение — карбонат аммония  $(NH_4)_2CO_3$ , разлагающийся по схеме:  $(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O$ . На основе расчёта относительной плотности аммиака и углекислого газа по воздуху обоснуйте необходимость герметичного укрытия силосного бурта.

### Вычисления по термохимическим уравнениям

**Пример 1.** Термохимическое уравнение взаимодействия углерода с кислородом записывается так:



Рассчитайте, какое количество теплоты выделится при сгорании углерода каменного угля массой 36 г.

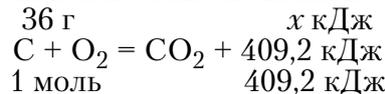
$$\text{Дано: } Q = +409,2 \text{ кДж;}$$

$$m(C) = 36 \text{ г.}$$

$$\text{Найти: } Q_1 - ?$$

*Решение:*

1. Записываем уравнение реакции, отмечаем в нём данные задачи и известные величины:



2. Определяем количество вещества углерода, взятого для горения:

$$\nu(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{36 \text{ г}}{12 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 3 \text{ моль.}$$

3. Вычисляем количество теплоты при сгорании углерода количеством вещества 3 моль:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ моль (C)} \quad - \quad 409,2 \text{ кДж} \\ 3 \text{ моль (C)} \quad - \quad x \text{ кДж (} Q_1 \text{)} \end{array}$$

$$x = \frac{3 \cdot 409,2}{1} = 1227,6 \text{ кДж.}$$

*Ответ:* При сгорании углерода каменного угля массой 36 г выделяется количество теплоты 1227,6 кДж.

**Пример 2.** Оксид кальция, получаемый согласно термохимическому уравнению:

$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 - 145,3 \text{ кДж}$ , используют для штукатурных работ в строительстве. Подсчитайте, какое количество теплоты необходимо затратить для получения CaO массой 112 г.

**Пример 3.** При «дыхании» почвы (микробов и корней растений) на 1 м<sup>2</sup>? луга образуется углекислого газа массой 1,5 г. Какое количество теплоты выделяется при этом, если на образование углекислого газа количеством вещества 1 моль расходуется 409,2 кДж?

### Расчёты по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ дано в избытке

**Пример 1.** В период бурного цветения яблонь крону плодовых деревьев опрыскивают раствором карбоната натрия для удаления избытка цветов на них. Определите массу Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, которую можно получить при

пропускании углекислого газа объёмом 44,8 л (н.у.) через раствор едкого натра, содержащего NaOH массой 200 г.

*Дано:*  $V(\text{CO}_2) = 44,8 \text{ л}$   
 $m(\text{NaOH}) = 200 \text{ г}$

*Найти:*  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - ?$

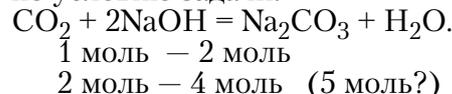
*Решение:*

1. Находим количество вещества исходных соединений:

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{200 \text{ г}}{40 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 5 \text{ моль;}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m(\text{CO}_2)} = \frac{44,8 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 2 \text{ моль.}$$

2. Определяем, какое из двух исходных веществ дано в избытке. Для этого запишем уравнение реакции и сравним количество вещества NaOH и CO<sub>2</sub>, требуемых по уравнению, с количествами вещества, данными по условию задачи:

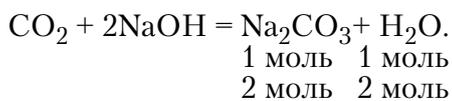


Из приведённых записей можно сделать вывод, что при взаимодействии CO<sub>2</sub> количеством вещества 2 моль требуется едкого натра количеством вещества 4 моль, а не 5 моль. Следовательно, NaOH дан в избытке, он остаётся непрореагировавшим количеством вещества 1 моль. Поэтому расчёт массы продукта реакции Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> необходимо вести по недостатку, т.е. по количеству вещества CO<sub>2</sub>.

3. Массу Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> определим по формуле:

$$\begin{aligned} m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \\ &= \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3). \end{aligned}$$

4. Определим количество вещества карбоната натрия по уравнению реакции и рассчитаем массу Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:



Таким образом,  $v(\text{Na}_2\text{CO}_3) =$   
 $= v(\text{CO}_2) = 2 \text{ моль};$   
 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} =$   
 $= 212 \text{ г}.$

**Ответ:** При пропускании углекислого газа объемом 44,8 л через избыток NaOH, содержащегося в растворе, образуется карбонат натрия массой 212 г.

**Пример 2.** Один рубль затрат на йодную подкормку животных йодистым калием приносит 52 рубля чистой прибыли. Рассчитайте массу иодида калия, получаемого в результате окислительно-восстановительного взаимодействия кристаллического йода массой 25,4 г с раствором сульфида калия массой 200 г и массовой долей 8,25%.

**Пример 3.** Гидросульфат натрия  $\text{NaHSO}_4$  при диссоциации образует катионы водорода, что позволяет использовать это соединение в качестве кислотного консерванта зелёной массы кормов. Определите массу  $\text{NaHSO}_4$ , получаемого при взаимодействии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  количеством вещества 1,2 моль с раствором NaCl массой 62 кг массовой долей 95% по уравнению:  
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl} \rightarrow \text{HCl} + \text{NaHSO}_4.$

**Пример 4.** Бордосская жидкость (средство борьбы с возбудителями болезней сельскохозяйственных культур), получаемая добавлением раствора сульфата меди к раствору гидроксида кальция, не должна содержать непрореагировавшего сульфата меди. Будет ли это условие соблюдено, если смешать раствор  $\text{CuSO}_4$  массой 160 г

массовой долей 10% с раствором  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  массой 555 г массовой долей 2%? Ответ подтвердите расчётом.

### Определение массовой или объёмной доли выхода продукта реакции в процентах от теоретически возможного

**Пример 1.** Для получения кальциевой селитры в школьной лаборатории воспользовались взаимодействием карбоната кальция с раствором  $\text{HNO}_3$  массой 200 г и массовой долей 6,3%. При этом получили и внесли в почву нитрат кальция массой 15 г. Определите массовую долю выхода  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (%) от теоретически возможного.

**Дано:**  $\omega\%(\text{HNO}_3) = 6,3\%$

$m_{\text{р-ра}}(\text{HNO}_3) = 200 \text{ г}$

$m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 15 \text{ г}.$

**Найти:**  $\eta\%(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) - ?$

**Решение:**

**1.** Массовую долю выхода  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  от теоретически возможного рассчитывают как отношение массы практического выхода  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  к массе  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , рассчитанной по уравнению реакции (масса теоретического выхода), т.е.

$$\eta\%(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = \frac{m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2)_{\text{практ.}}}{m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2)_{\text{теор.}}} \cdot 100\%.$$

**2.** Практический выход кальциевой селитры — это масса  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , которую учащиеся внесли в почву, т.е. 15 г.

**3.** Рассчитываем теоретический выход  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ :

а) для этого предварительно определим массу  $\text{HNO}_3$  в растворе:



**Пример 2.** При продолжительном прокаливании известняка массой 220 г получили негашёную известь массой 112 г. Определите массу карбоната кальция и пустой породы в образце известняка, приобретённого для известкования кислых почв в фермерском хозяйстве. Рассчитайте массовую долю (%) карбоната кальция в известняке.

**Пример 3.** В качестве протравителя ядохимикатов при протравливании семян часто используют силикат натрия. Определите массу силиката натрия, образовавшегося при сплавлении щёлочи с кварцевым песком массой 3 кг, содержащего оксид кремния массой 2,8 кг.

## Нахождение молекулярной формулы вещества

**Пример 1.** Для хранения и перевозки зерна используют фумигант, в котором массовая доля углерода равна 12,63%, водорода — 3,16%, брома — 84,21%. Плотность паров этого вещества по воздуху равна 3,276. Выведите формулу фумиганта.

*Дано:*

$$\omega\%(\text{C}) = 12,63\%;$$

$$\omega\%(\text{H}) = 3,16\%;$$

$$\omega\%(\text{Br}) = 84,21\%;$$

$$D_{\text{возд.}}(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_z) = 3,276$$

*Найти:*  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_z$  — ?

*Решение:*

1. Используя понятие плотность паров по воздуху, определим  $M_r$  и  $M$  ( $\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_z$ ):

$$D_{\text{возд.}}(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_z) = \frac{M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_z)}{M_r(\text{возд.})};$$

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_z) = D_{\text{возд.}} \cdot M_r(\text{возд.}) = 3,276 \cdot 29 = 95.$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_z) = 95 \text{ г/моль.}$$

2. Найти индексы  $x$ ,  $y$ ,  $z$  — значит рассчитать количество вещества ( $\nu$ ) атомов углерода, водорода, брома, используя формулу:  $\nu = m/M$ .

Примем, что масса фумиганта равна 100 г, тогда в этом соединении  $m(\text{C}) = 12,63$  г;  $m(\text{H}) = 3,16$  г;  $m(\text{Br}) = 84,21$  г.

3. Рассчитаем  $\nu(\text{C})$ ;  $\nu(\text{H})$ ;  $\nu(\text{Br})$ :

$$\nu(\text{C}) = \frac{12,63 \text{ г}}{12 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 1,05 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{H}) = \frac{3,16 \text{ г}}{1 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 3,16 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{Br}) = \frac{84,21 \text{ г}}{80 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 1,05 \text{ моль.}$$

4. Найдём кратные целые числа полученным дробным числам, разделив каждое число на наименьшее:

$$x = \frac{1,05}{1,05} = 1;$$

$$y = \frac{3,16}{1,05} = 3;$$

$$z = \frac{1,05}{1,05} = 1.$$

Искомое соединение имеет состав  $\text{CH}_3\text{Br}$ ,  $M(\text{CH}_3\text{Br}) = 95$  г/моль.

*Ответ:* формула фумиганта  $\text{CH}_3\text{Br}$ .

**Пример 2.** Нежные овощи и фрукты хорошо сохраняются в течение суток, если в полиэтиленовый пакет поместить вату, смоченную легкоиспаряющейся жидкостью, в состав которой входят углерод, водород и кислород в массовых соотношениях 1,2 : 0,3 : 0,8. Выведите формулу органического вещества.

Плотность паров его равна 2,05 г/л (н.у.).

**Пример 3.** При сварке металлических конструкций используется газообразный углеводород, при горении которого объёмом 20 л получился углекислый газ объёмом 40 л и вода массой 16 г. Выведите формулу газа.

**Пример 4.** В состав препарата антимошь входит ароматическое соединение состава

$\omega(\text{C}) = 48,97\%$ ,  $\omega(\text{H}) = 2,72\%$ ,  
 $\omega(\text{Cl}) = 48,3\%$ . Плотность паров его равна 6,563 г/л. Выведите формулу вещества.

**Пример 5.** При хранении влажного зерна его смешивают с карбоновой кислотой, в составе которой массы углерода, водорода и кислорода относятся, как 18 : 3 : 16. Какова формула карбоновой кислоты?