

ЛЕКЦИЯ №2.1

ТИПЫ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ

ПЛАН ЛЕКЦИИ

- 1 Расчетные задачи на вывод химических формул.
- 2 Расчетные задачи на смеси органических веществ.
- 3 Вычисления по уравнениям химических реакций с участием органических веществ.

В решении задачи следует выделить две части: **химическую и математическую**. В каждой *расчетной* задаче по химии как бы скрыта *качественная* задача, без решения которой невозможно выполнить математические действия.

Химическая часть задачи включает действия:

- чтение текста;
- запись условия задачи;
- исследование задачи – определение типа задачи;
- анализ задачи – составление плана решения.

Чтение текста дает два результата:

- ученик кратко записывает условие задачи (психологи отмечают, что на первых этапах более эффективной является графическая форма записи информации);
- определяет, идет речь о конкретном веществе или о химическом процессе, или же это задача на растворы .

Анализ задачи позволит составить план решения. Рассуждения можно строить двумя путями:

- от известных величин (данные задачи) к неизвестным (вопрос задачи) – это *синтетический путь*;
- от искомой величины (вопрос) к известным величинам (данные задачи) – это *аналитический путь*.

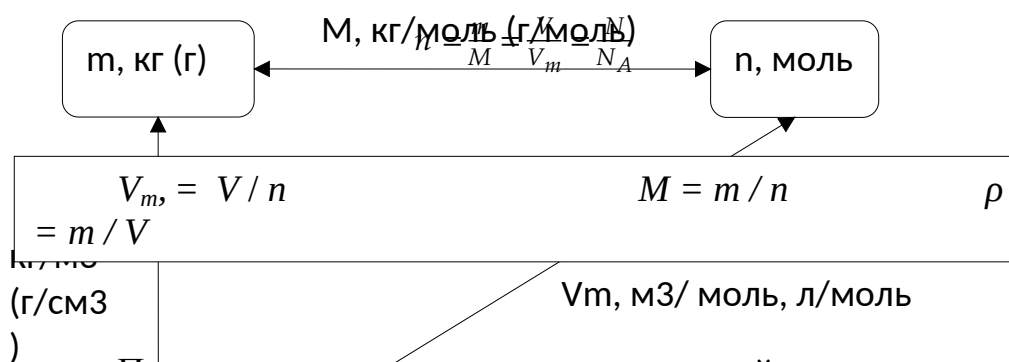
Математическая часть задачи включает действия:

- выбор способа решения;
- решение (расчеты);
- запись ответа;
- анализ (проверка) решения;
- составление обратной задачи.

При химических расчетах используются три *основные физические величины*: масса, количество вещества, объем. С помощью основных величин определяют *производные физические величины*.

Количество вещества обозначают латинской буквой n (эн).

Схема иллюстрирует взаимосвязь основных и производных величин:



При вычислении нужно производить действия не только с числами, но и с размерностями. **Точность результата должна быть не больше точности наименее точного числа в условии задачи.**

Взаимная связь между физическими величинами

Таблица

Физическая величина	Единица измерения	Формула
Масса (m)	г, кг	$m = m_a \cdot N$; $m = V \cdot \rho$; $m = n \cdot M$; $m = M \cdot \frac{V}{V_m}$; $m = M \cdot \frac{N}{N_A}$; $m = c \cdot M \cdot V$
Количество вещества (n)	моль	$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = \frac{N}{N_A}$;
Объем (V)	м ³ , л	$V = \frac{m}{\rho}$; $V = n \cdot V_m$; $V = V_m \cdot \frac{m}{M}$; $V = V_m \cdot \frac{N}{N_A}$
Число частиц (N)	—	$N = n \cdot N_A$; $N = N_A \cdot \frac{m}{M}$; $N = N_A \cdot \frac{V}{V_m}$
Относительная плотность (D)	—	$D = \frac{\rho_1}{\rho_2}$; $D = \frac{M_r(1)}{M_r(2)}$; $D(H_2) = \frac{M_r}{M_r(H_2)}$; $D(\text{возд.}) = \frac{M_r}{29}$
Массовая доля элемента в веществе (w)	—	$\omega(\Theta) = \frac{m(\Theta)}{m(\text{в-ва})}$; $\omega(\Theta) = \frac{n \cdot A_r}{M_r}$
Массовая доля растворенного вещества (w)	—	$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(\text{р-ра})}$; $\omega(X) = \frac{m(X)}{m(X) + m(H_2O)}$
Молярная концентрация вещества (c)	моль/л, моль/м ³	$c(X) = \frac{n(X)}{V}$
Молярная доля вещества (c)	—	$\chi(X) = \frac{n(X)}{\sum n_i}$
Растворимость (s)	г/100 г H ₂ O	$s(X) = \frac{m(X)}{m(H_2O)} \cdot 100$

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ

Химическая учебная расчетная задача – это модель проблемной ситуации, решение которой требует от учащихся мыслительных и практических действий на основе знания законов, теорий и методов химии, направленная на закрепление, расширение знаний и развитие химического мышления. Сознательное изучение основ химии немыслимо без понимания количественной стороны химических процессов. Решение задач содействует конкретизации и упрочению знаний, развивает навыки самостоятельной работы, служит закреплению в памяти студентов химических законов, теорий и важнейших понятий. Выполнение задач расширяет кругозор студентов, позволяет устанавливать связи между яв-

лениями, между причиной и следствием, развивает умение мыслить логически, а также является составляющей частью химической компетенции, которой должны овладеть будущие учителя химии.

Умение решать задачи является одним из показателей уровня развития химического мышления учащихся, глубины усвоения ими учебного материала. Решение задач – это не самоцель, а средство обучения, способствующее прочному усвоению знаний. Решение задач с психолого-педагогической точки зрения позволяет: – учить мыслить, ориентироваться в проблемной ситуации; – учить понимать явления в свете важнейших теорий и законов; – устанавливать связи химии и другими предметами, особенно с физикой и математикой. Исходя из вышеуказанной роли задач в курсе изучения химии, при решении задач ставится образовательная цель: усвоение, закрепление, систематизация и совершенствование учебного материала, формирование важных структурных элементов знаний, осмысление химической сущности явлений.

Процесс решения задачи – это познавательный процесс, это восхождение от абстрактного к конкретному. В методологическом аспекте – это подход от абстрактного мышления к практике, связь частного с общим. Воспитательная цель решения задач по химии заключается в формировании мировоззрения, осознании материала, расширении кругозора в краеведческих и политехнических вопросах, реализации межпредметных связей, показывающих единство природы, связь обучения с жизнью. В ходе решения задач идет сложная мыслительная деятельность учащихся, которая определяет развитие как содержательной стороны мышления (знаний), так и действенной (операций, действий). В этом заключается развивающая цель процесса решения химических задач. Каждая химическая задача состоит из совокупности данных, условия задачи и вопроса. Кроме этого, в ней обязательно есть определенная система функциональных зависимостей, которые связывают необходимые данные между собой. Именно эти зависимости и дают возможность искать решение задачи. Следует отметить, что решение расчетных задач занимает в химическом образовании важное место, так как это один из приемов обучения, посредством которого обеспечивается более глубокое и полное усвоение учебного материала по химии. Чтобы научиться химии, изучение теоретического материала должно сочетаться с систематическим использованием решения различных задач. Для успешного овладения навыками решения расчетных задач мы предлагаем разделить процесс обучения на несколько этапов.

Первый этап включает в себя формирование общих понятий данного типа химических задач: отличительные признаки данного типа задач, обязательный набор условий для данного типа – узнавания типа задачи; формирование общих принципов решения расчетных задач разных типов, определение конкретного алгоритма на основании общих принципов решения.

Второй этап – практический – решение расчетных задач разнообразными способами, с нарастающим уровнем сложности. Завершается этот этап обязательно решением комбинированных и усложненных задач. Третий этап – составление условий задач, что позволяет лучше осмыслить, взглянуть изнутри на решение задачи, поставить себя на позицию автора задачи. Не существует

единого подхода к классификации химических задач. В учебных пособиях по методике химии, специальных методических пособиях по решению задач и в статьях приводятся различные варианты классификации задач. Общепризнанной является классификация химических задач на качественные и количественные, которые решаются устным, письменным и экспериментальными способами.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ НА ВЫВОД ХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ

Определение формулы вещества по массовым долям элементов

Задача №1. Установите молекулярную формулу вещества, содержащего 75% углерода и 25% водорода по массе.

Способ 1. Массовая доля элемента в веществе и известна формула, по которой вычисляют $\omega(\text{Э})$:

$$\omega(\text{Э}) = \frac{n \cdot M_r(\text{Э})}{M_r(\text{в-ва})}, \text{ где } n - \text{число атомов элемента.}$$

Преобразовав эту формулу, можно найти число атомов каждого элемента:

$$n = \frac{\omega(\text{Э}) \cdot M_r(\text{в-ва})}{M_r(\text{Э})}$$

Так как в предлагаемой задаче отсутствуют данные, позволяющие найти молекулярную массу вещества, нужно использовать упрощенную формулу:

$$n = \frac{\omega(\text{Э})}{M_r(\text{Э})}$$
$$n(\text{C}) = \frac{75}{12} = 6,25; \quad n(\text{H}) = \frac{25}{1} = 25$$

Так как число атомов не может быть дробным, приведем полученные величины к наименьшим целым числам. Для этого нужно разделить оба числа на меньшее из них:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 6,25 : 25 = 6,25 / 6,25 : 25 / 6,25 = 1 : 4.$$

В молекуле углеводорода 1 атом углерода и 4 атома водорода.

Решая задачу с такими данными, находят не истинную, а простейшую формулу, показывающую, в каком соотношении атомы элементов входят в состав вещества. Часто простейшая формула совпадает с молекулярной формулой, как в этом случае.

Ответ: формула вещества CH_4 , это метан.

Способ 2. Химическая формула показывает:

- 1 молекулу или 1 моль вещества;
- качественный и количественный состав вещества (какие и сколько атомов каждого химического элемента входят в состав 1 молекулы вещества).

Исходя из вышесказанного, для решения задачи достаточно определить количество вещества (моль) каждого элемента.

Предположим, что имеется 100 г вещества C_xH_y ; тогда $x = n(\text{C})$, $y = n(\text{H})$.

Дано:

Решение:

$$m(\text{C}) = 0,75 \times 100 = 75 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = 0,25 \times 100 = 25 \text{ г}$$

$$M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}) = 1 \text{ г/моль}$$

$$1. \quad n(\text{C}) = \frac{75}{12} = 6,25; \quad n(\text{H}) = \frac{25}{1} = 25$$

2. Так как число атомов не может быть дробным, приведем полученные величины к наименьшим целым числам. Для этого нужно разделить оба числа на меньшее из них:

$$x : y = 6,25 : 25 = 6,25 / 6,25 : 25 / 6,25 = 1 : 4$$

Ответ: формула вещества CH_4 , это метан.

Обратите внимание: мы использовали в решении относительную молекулярную массу M_r – безразмерную величину (способ 1) и молярную массу M , г/моль (способ 2). Это возможно потому, что обе величины численно равны.

Как правило, в условии есть дополнительная информация, позволяющая вычислить тем или иным способом относительную молекулярную (молярную) массу искомого вещества.

Определение формулы вещества по его относительной плотности и массовым долям элементов

Задача №2. Органическое вещество содержит 84,21% углерода и 15,79 % водорода. Плотность паров вещества по воздуху, $D(\text{воздух})$, составляет 3,93.

Определите формулу этого вещества.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 84,21\% = 0,8421$$

$$\omega(\text{H}) = 15,79\% = 0,1579$$

$$D(\text{воздух}) = 3,93$$

Найти

формулу углеводорода, C_xH_y

Решение:

Способ 1

1. Вычислим молярную массу вещества:

$$D(\text{воздух}) = \frac{M(\text{C}_x\text{H}_y)}{29\text{г/моль}}, \text{ в знаменателе } M(\text{воздуха});$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = D(\text{воздух}) \cdot M(\text{воздух}); M(\text{C}_x\text{H}_y) = 3,93 \cdot 29\text{г/моль} = 114 \text{ г/моль}.$$

2. Вычислим число атомов углерода и водорода по формуле:

$$n = \frac{\omega(\text{Э}) \cdot M(\text{в-ва})}{M(\text{Э})},$$

$$n(\text{C}) = \frac{0,8421 \cdot 114\text{г/моль}}{12\text{г/моль}} = 8; \quad n(\text{H}) = \frac{0,1579 \cdot 114\text{г/моль}}{1\text{г/моль}} = 18.$$

Ответ: формула углеводорода C_8H_{18} , это октан.

Проверка. Вычислим относительную молекулярную массу октана по его формуле: $M_r(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 12 \cdot 8 + 1 \cdot 18 = 114$. Задача решена правильно.

Способ 2

1 $M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 3,93 \cdot 29 = 114;$

2 $n(\text{H}) : n(\text{C}) = 15,79 : 84,21/12 = 2, 25;$

3 $n(\text{H}) : n(\text{C}) = y : x$

4 Составим систему уравнений:

$$12x + y = 114$$

$$y / x = 2, 25$$

Ответ: искомая формула C_8H_{18} .

Определение формулы вещества по массе и объему продуктов сжигания

Задача №3. Определите молекулярную формулу углеводорода циклического строения, если при сжигании 0,1 моль его образуется 5,4 г воды и 8,96 л оксида углерода (IV). Напишите структурные формулы нескольких его изомеров.

Решение:

Способ 1. Определение молекулярной формулы вещества означает, прежде всего, установление его качественного и количественного состава. Качественный состав известен из условия задачи. Установим количественный состав, т.е. массу углерода и массу водорода.

1. Вычислим массу углерода, зная, что 1 моль CO_2 содержит 1 моль C, по формуле:

$$m = M \cdot \frac{V}{V_m}; m(C) = 12 \text{ г/моль} \cdot \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 12 \text{ г/моль} \times 0,4 \text{ моль} = 4,8 \text{ г}$$

2. Вычислим массу водорода, зная, что 1 моль H_2O содержит 2 моль H:

$$m(H) = 2 \times 1 \text{ г/моль} \cdot \frac{5,4 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 2 \times 1 \text{ г/моль} \times 0,3 \text{ моль} = 0,6 \text{ г}$$

3. Вычислим массу вещества и его молярную массу:

$$m(C_xH_y) = m(C) + m(H) = 4,8 \text{ г} + 0,6 \text{ г} = 5,4 \text{ г}.$$

$$M = \frac{m}{n}; M(C_xH_y) = \frac{5,4 \text{ г}}{0,1 \text{ моль}} = 54 \text{ г/моль}$$

4. Установим соотношение атомов C и H:

$$\frac{x}{y} = \frac{n(C)}{n(H)} = \frac{0,4 \text{ моль}}{0,6 \text{ моль}} = \frac{4}{6}$$

Ответ: $M(C_4H_6) = 54 \text{ г/моль}$, это циклобутен.

Структурные формулы изомеров:

а) $CH \equiv C - CH_2 - CH_3$ бутин-1; б) $CH_3 - C \equiv C - CH_3$ бутин-2; в) изомеры бута-

диена; г) циклические изомеры.

Решение:

Способ 2. Переход от масс и объемов веществ к количеству вещества:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{8,96\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,4\text{моль}; \quad n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5,4\text{г}}{18\text{г/моль}} = 0,3\text{моль};$$

$$n(\text{C}_x\text{H}_y) : n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 0,1 : 0,4 : 0,3 = 1 : 4 : 3.$$

Рассуждение: 4 моля CO_2 содержат 4 атома С, 3 моля H_2O содержат 6 атомов Н, которые и входят в 1 моль искомого углеводорода.

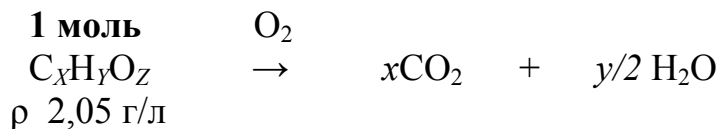
Ответ: формула углеводорода C_4H_6 .

Способ 3. Способ 2 можно представить по-другому, с применением универсального уравнения сжигания веществ.

Задача №4. При сжигании 1 л газа (н.у.) массой 2,05 г образуется 2,01 л углекислого газа и 2,44 г воды. Определите молекулярную формулу вещества.

Решение:

Из условия задачи неясно: содержит газ только С и Н или же в его составе присутствует также О. Записываем уравнение сжигания и данные задачи:



m			2,44 г
M			18 г/моль
V		2,01 л	
V_M	22,4 л/моль		
n	0,045 моль	0,09 моль	0,135 моль

1. Определим, содержит ли неизвестное вещество кислород:

$$m(\text{C}) = 12 \text{ г/моль} \cdot \frac{2,01\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 12 \text{ г/моль} \times 0,09\text{моль} = 1,08\text{г};$$

$$m(\text{H}) = 1 \text{ г/моль} \cdot 2 \cdot \frac{2,44\text{г}}{18\text{г/моль}} = 1 \text{ г/моль} \times 2 \times 0,2 \times 135\text{моль} = 0,27\text{г};$$

$$m(\text{O}) = 2,05 - (1,08 + 0,27) = 0,7(\text{г}).$$

2. Определим количество кислорода: $n(O) = \frac{0,7\text{г}}{16\text{г/моль}} = 0,044\text{моль}$

и количество искомого вещества:

$$n(C_xH_yO_z) = \frac{m}{\rho \times V_M} = \frac{2,05\text{г}}{46\text{г/моль}} = 0,045\text{моль}.$$

3. Найдем простейшую формулу по соотношению атомов:

$$n(C_xH_yO_z) : n(C) : n(H) : n(O) = 0,045 : 0,09 : 0,27 : 0,044 = 1 : 2 : 6 : 1$$

4. Определим молярную массу вещества:

$$M(C_xH_yO_z) = \rho \times V_M = 2,05 \text{ г/л} \times 22,4 \text{ л/моль} = 46 \text{ г/моль}.$$

Сравниваем с молярной массой, найденной другим способом:

$$M(C_xH_yO_z) = 2 \times 12 \text{ г/моль} + 6 \times 1 \text{ г/моль} + 1 \times 16 \text{ г/моль} = 46 \text{ г/моль}.$$

Ответ: искомое вещество имеет формулу C_2H_6O , изомеры:

CH_3-CH_2OH (ж) – этиловый спирт, CH_3-O-CH_3 (г) – диметиловый эфир.

Это диметиловый эфир (г).

Задача №5. При сжигании углеводорода, количество вещества которого равно 0,1 моль, образовались оксид углерода (IV) объемом 6,72 л (нормальные условия) и вода массой 7,2 г. Определите формулу углеводорода.

Решение:

Вычисляем количество вещества оксида углерода (IV), полученного при горении углеводорода:

$$n(CO_2) = V(CO_2) / V_m ;$$

$$n(CO_2) = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль}.$$

Количество вещества углерода, содержащегося в сожженном образце углеводорода, равно

$$n(C) = n(CO_2);$$

$$n(C) = 0,3 \text{ моль}.$$

Рассчитываем количество вещества воды, полученной при сжигании углеводорода:

$$n(H_2O) = m(H_2O)/M(H_2O);$$

$$n(H_2O) = 7,2/18 = 0,4 \text{ моль}.$$

Определяем количество вещества водорода, содержащегося в образце уг-

леводорода:

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O});$$

$$n(\text{H}) = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ моль.}$$

Таким образом, образец углеводорода количеством вещества 0,1 моль содержит 0,3 моль углерода и 0,8 моль водорода. Следовательно, 1 моль углеводорода содержит 3 моль углерода и 8 моль водорода. Таким образом, формула углеводорода C_3H_8 .

Ответ: это пропан C_3H_8 .

Задача №6. Органическое вещество имеет относительную плотность паров по водороду 46. Образец этого вещества массой 13,8 г сожгли, получив оксид углерода (IV) объемом 23,52 л (нормальные условия) и воду массой 10,8 г. Определите формулу органического вещества, учитывая, что оно является ароматическим.

Решение:

Вычисляем молярную массу органического вещества (В), используя относительную плотность его паров по водороду:

$$M(\text{B}) = 2D_{\text{H}_2};$$

$$M(\text{B}) = 2 \cdot 46 = 92 \text{ г/моль.}$$

Определяем количество вещества В, которое сожгли:

$$n(\text{B}) = m(\text{B})/M(\text{B});$$

$$n(\text{B}) = 13,8/92 = 0,15 \text{ моль.}$$

Рассчитываем количество вещества образовавшегося оксида углерода (IV) CO_2 :

$$n(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2)/V_m ;$$

$$n(\text{CO}_2) = 23,54/22,4 = 0,15 \text{ моль.}$$

Вычисляем количество вещества углерода в сожженном веществе равно:

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2);$$

$$n(\text{C}) = 0,15 \text{ моль.}$$

Вычисляем количество вещества воды и количество вещества атомного водорода в сожженном веществе:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O}) ;$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 10,8/18 = 0,6 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O});$$

$$n(\text{H}) = 2 * 0,6 = 1,2 \text{ моль.}$$

Определяем массу атомных углерода и водорода:

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) * M(\text{C});$$

$$m(\text{C}) = 1,05 * 12 = 12,6 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) * M(\text{H});$$

$$m(\text{H}) = 1,2 * 1 = 1,2 \text{ г.}$$

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) = (12,6 + 1,2) = 13,8 \text{ г.}$$

Сумма масс углерода и водорода равна массе сожженного вещества, следовательно, других элементов оно не содержит. Таким образом, вещество В – ароматический углеводород, формулу которого можно представить в виде C_xH_y .

Мы определили, что образец C_xH_y , количество вещества которого равно 0,15 моль, содержит 1,05 моль С и 1,2 моль Н.

Вычисляем коэффициенты x и y .

$$x = n(\text{C})/n(\text{B}); x = 1,05/0,15 = 7;$$

$$y = n(\text{H})/n(\text{B}); y = 1,2/0,15 = 8;$$

Формула ароматического углеводорода C_7H_8 или $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3$.

Ответ: это толуол $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_3$.