

С расчетными задачами учащиеся начинают сталкиваться в самом начале изучения химии в школьном курсе, а именно в 8 классе. Причем, знания, полученные ими в 8 классе по данной теме, являются базовыми, которые в дальнейшем будут развиваться и совершенствоваться. С расчетными задачами по химии учащимся предстоит встретиться и на олимпиадах различного уровня, и при сдаче экзаменов в форме ОГЭ и ЕГЭ.

Одним из важных способов овладения способом решения расчетных задач в 8 классе является алгоритмический метод, который базируется на выстраивании логической цепочки действий. Рассмотрим, как алгоритмический способ решения расчетных задач применим в 8 классе при решении задач.

По программе О.С.Габриеляна с расчетными задачами учащиеся сталкиваются 3 раза:

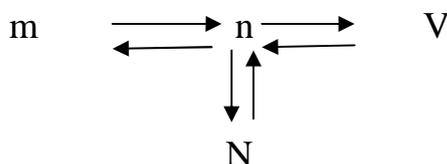
1. При ознакомлении с базовыми химическими понятиями «количество вещества», «масса вещества», «молярная масса», «объем», «молярный объем», «число Авогадро». Здесь важно умения правильно пользоваться химическими формулами и переходить от одной физической величины к другой.

2. При изучении темы «массовая и объемная доли веществ».

3. При решении расчетных задач по уравнению реакции.

Рассмотрим алгоритмы решения каждой из данного типа задач.

1. Ознакомление с базовыми химическими понятиями. После изучения тем «количество вещества» и «молярный объем» представляется важным обобщить изученные формулы и показать между ними взаимосвязь, указывая на ключевую роль понятия «количество вещества», связывающего остальные величины. Тогда должна получиться следующая взаимосвязь:



Над каждым переходом учащиеся могут самостоятельно записать формулы, благодаря которым можно осуществить данный переход. Тогда, при решении задач учащимся остается только правильно научиться пользоваться данной схемой. Например, задача: вычислите объем и число молекул 16 г газообразного кислорода при н.у. Алгоритм решения следующий: 1. Учащийся по схеме определяет исходные данные (это масса вещества); 2. Также по схеме определяет траекторию своих вычислений и выписывает необходимые формулы (нужно сначала найти количество вещества, а затем объем и число молекул). 3. Выполняет нужные вычисления и записывает ответ. Следует сразу оговориться, что предложенный алгоритм не является единственным правильным способом решения задач данного типа, но он помогает учащимся увидеть логическую связь между базовыми химическими понятиями. Возможен выход за рамки предложенного алгоритма: во-первых, учащиеся, хорошо усвоившие данную тему, могут выполнять расчет в одно действие, например, с вышеуказанной задачей  $V = m/M * V_m$ . Во-вторых, возможно усложнять задание через либо, использование разных единиц измерений (кмоль, мл, м<sup>3</sup> и т.п.), либо через нахождение данных, не отображенных в данной схеме, например, для вышеуказанной задачи, можно найти не число молекул кислорода, а число атомов или электронов (тогда для нахождения числа атомов нужно полученное число молекул умножить на два, т.к. в молекуле кислорода 2 атома, а для нахождения числа электронов полученное число атомов умножить на 8, т.к. в одном атоме кислорода содержится 8 электронов). Ниже приводится подборка карточек для отработки решения данной темы учащимися, которые учителя химии могут использовать в своей работе.

### **Карточка №1.**

1. Определите количество вещества оксида меди (II) CuO массой 320 г.
2. Вычислите массу, которую составляет 0,3 моль угарного газа CO.
3. Сколько молекул содержится в 4,5 г воды.

4. Какой объем имеет а). 0,1 моль азота  $N_2$ ; б). 11 г углекислого газа  $CO_2$ .

5. Определить массу и число молекул в порции водорода  $H_2$  объемом 1,12 л (при н.у.).

6. Ученик на одну чашу весов положил 6,4 г меди. Сколько моль оксида железа (III)  $Fe_2O_3$  он должен положить на другую чашу весов, чтобы весы были в равновесии.

### Карточка №2.

1. Определите массу: а). 0,8 моль белого фосфора ( $P_4$ ); б). 0,2 кмоль сульфата меди (II)  $CuSO_4$  в). 15 ммоль пищевой соды  $NaHCO_3$

2. Определите количество вещества: а). 28,4 кг хлора; б). 12,6 мг азотной кислоты  $HNO_3$ ; в). 4 г метана  $CH_4$ .

3. Определите число молекул, атомов и электронов, содержащихся в: а). 10,5 кг азота; б). 2,6 г хрома.

4. Определите количество вещества при н.у.: а). 1,68 л азота; б).  $8,96\text{ м}^3$  хлора;

5. Определите объем при н.у.: а). 2 ммоль кислорода; б). Смеси, состоящей из 0,15 моль кислорода и 0,35 моль метана  $CH_4$ .

6. Определите объем при н.у.: а). 0,4 г оксида серы (VI); б).  $1,505 \cdot 10^{22}$  молекул водорода.

### Карточка №3. Обобщение по теме.

1. Заполнить таблицу:

Вещество	Молярная масса	Количество вещества	Масса	Число молекул	Число атомов	Число электронов
NO		0,15 моль				
$Na_3PO_4$			41г			
$Ba(OH)_2$				$6,01 \cdot 10^{21}$		
$Fe_3O_4$					$5 \cdot 10^{22}$	
$H_2S$						$12 \cdot 10^{24}$

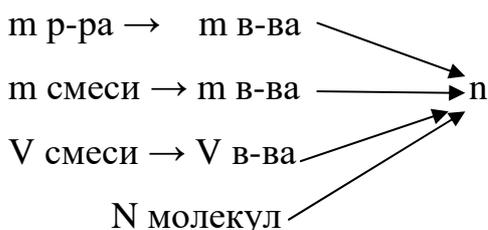
2. Определите массу азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ), содержащей столько же молекул, сколько атомов содержится в 22 г углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ).
3. Какой объем при н.у. будет занимать: а). 0, 22 моль аммиака ( $\text{NH}_3$ ); б).  $9 \cdot 10^{22}$  молекул бромоводорода.

2. Изучение темы «массовая и объемная доли веществ».

Помимо несложных задач, требующих от учащихся умения работать с формулой на нахождение массовой или объемной долей, возможно решение более сложных задач, в которых требуется правильно выстраивать алгоритм решения. К таким задачам можно отнести задачи на: упаривание, концентрирование, разбавление и смешивание растворов.

3. Решение расчетных задач по уравнению реакции.

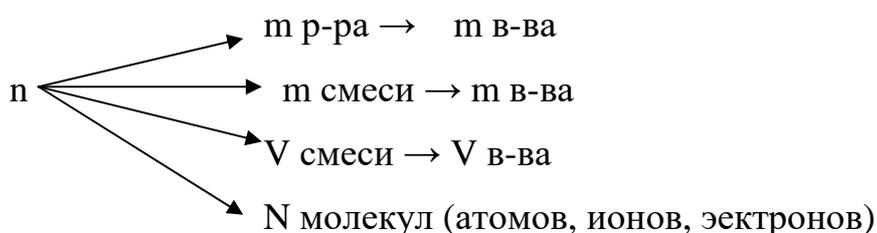
Условно, решение задач через уравнение реакции можно разбить на три блока: 1. Работа с исходными данными с целью нахождения количества вещества; 2. Анализ уравнения реакции с целью нахождения количества вещества искомого вещества; 3. На основе найденного количества вещества нахождение нужной физической величины (массы вещества, объема, массы раствора и т.п.). Таким образом, возможно выстраивание общего типового алгоритма решения данного типа задач. Разберем каждый этап более подробно. На этапе анализа исходных данных возможно выстраивание следующих логических цепочек: а). масса раствора  $\rightarrow$  масса чистого вещества  $\rightarrow$  количество вещества б). объем смеси  $\rightarrow$  объем чистого вещества  $\rightarrow$  количество вещества; в). масса смеси  $\rightarrow$  масса чистого вещества  $\rightarrow$  количество вещества; г). число молекул  $\rightarrow$  количество вещества. Все эти цепочки можно объединить в одну:



Над каждым переходом целесообразно записать формулы. Таким образом, действия учащегося на данном этапе сводятся к двум логическим операциям:

определения своего положения по данной схеме (согласно данным задачи) и выполнение необходимых расчетов для нахождения количества вещества. На втором этапе учащиеся анализируют уравнение химической реакции (которое целесообразно составить в самом начале решения задачи, чтобы правильно представлять химический процесс). Здесь возможно два варианта перехода на количество вещества искомого вещества: либо через решение и составление пропорции, например, дана реакция  $2Al + 3S \rightarrow Al_2S_3$ , известно количество вещества алюминия (пусть оно равно 0,5 моль), а требуется найти количество вещества серы, тогда пропорция примет вид:  $0,5/2 = x/3$ , где  $x$  – количество вещества серы. Решая которое получаем, что  $x=0,75$  моль. Другой способ нахождения количества вещества основан на работе с коэффициентами (что, в принципе, тоже является формой решения пропорции).

Последний этап является зеркальным отображением первого этапа. Здесь деятельность учащегося также сводится к двум логическим операциям: определить искомую величину, подобрать формулы и выполнить математический расчет. Схема последнего этапа:



Решения подобных задач в настоящее время входит в число заданий экзамена по химии в 9 классе в форме ОГЭ. Ниже представлен вариант алгоритма решения подобных задач и подборка карточек для отработки данной темы.

Алгоритм решения расчетных задач на нахождение массы выпавшего осадка по уравнению реакции:

1. Составить уравнение реакции, уравнять его.
2. По таблице растворимости определить в правой части реакции осадок, обозначить его ↓.

3. Рассчитать массу вещества в растворе по формуле:

$$m(\text{вещества}) = m(\text{раствора}) \cdot \omega.$$

4. Рассчитать количество вещества по формуле:  $n = m/M$ .

5. По уравнению реакции определить количество вещества того вещества, которое выпало в осадок.

6. Рассчитать массу осадка по формуле:  $m = M \cdot n$ .

Пример. К 80 г раствора с массовой долей гидроксида натрия 5% добавили избыток раствора сульфата меди (II). Определите массу выпавшего осадка.

Решение:

1. Составляем уравнение реакции:  $2\text{NaOH} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2$ .

2. По таблице растворимости определяем, что в осадок выпадает гидроксид меди(II), тогда уравнение реакции принимает вид:  $2\text{NaOH} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$ .

3. Рассчитаем массу NaOH по формуле  $m(\text{вещества}) = m(\text{раствора}) \cdot \omega$ :

$$m(\text{NaOH}) = 80 \text{ г} \cdot 0,05 = 4 \text{ г}.$$

4. Рассчитаем количество вещества NaOH по формуле  $m = M \cdot n$ :

$$n(\text{NaOH}) = 4 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}.$$

5. По уравнению реакции определяем (по коэффициентам перед веществами), что  $n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 1/2 n(\text{NaOH}) \rightarrow n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,05 \text{ моль}$ .

6. Рассчитаем массу  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (осадок) по формуле  $m = M \cdot n$ :

$$m(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 98 \text{ г/моль} \cdot 0,05 \text{ моль} = 4,9 \text{ г}.$$

Ответ: 4,9 г.

### Карточка

1. Определите объем водорода, выделяющийся при взаимодействии 2,4 г магния с избытком серной кислоты.

2. Определите массу алюминия, который может прореагировать с раствором соляной кислоты массой 182,5 г и массовой долей кислоты 2,5%.

3. Определите объем водорода, который может выделиться при взаимодействии технического цинка массой 14 г, массовая доля примесей в котором составляет 2%.

4. Какая масса раствора азотной кислоты с массовой долей 15% потребуется для полного растворения технического гидроксида кальция массой 8 г, массовая доля примесей в котором составляет 15%.

5. Вычислите массу соли, образующейся при взаимодействии раствора серной кислоты массой 49 г (массовая доля кислоты составляет 40%).

Задачи, разобранные выше, являются типовыми. Но возможны и другие варианты расчетных задач, умение решать которые учащимися свидетельствует о более глубоком погружении в учебный материал. Такие задачи можно встретить на олимпиадах по химии различного уровня, а также некоторые элементы таких задач встречаются в старших классах и входят в состав экзаменационных работ по химии в форме ЕГЭ. Их решение также можно осуществить алгоритмическим способом, используя логическую цепочку. Среди них можно выделить следующие:

1. Задачи и использованием понятия «Выход продукта реакции». При решении таких задач возможно 3 варианта: 1. Требуется найти массу/объем вещества, учитывая выход продукта реакции. В таком случае алгоритм решения задачи не отличается от типового, а в конце решения задачи найденную теоретическую массу/объем вещества умножается на выход продукта реакции, переведенный в доли от единицы. Например, определите массу оксида углерода (IV), которая может быть получена из 5 моль углерода, если выход продукта реакции составляет 98% от теоретически возможного. Решение выполняется по разобранному выше алгоритму, находим, что теоретическая масса  $\text{CO}_2$  равна 220 г. Затем пользуемся формулой:  $m_{\text{пр}} = m_{\text{т}} \cdot \eta$ . Тогда получаем:  $m_{\text{пр}} = 220 \text{ г} \cdot 0,98 = 215,6 \text{ г}$ . 2. Требуется найти выход продукта реакции по известной практической массе/объему (здесь важно обращать внимание

учащихся на то, что о практической массе/объеме идет речь тогда, когда звучит словосочетание «было получено»). В таком случае, решение задачи ничем не отличается от типового, а в конце решения используется и практическая и теоретическая массы:  $\eta = m_{\text{пр}}/m_{\text{т}} \cdot 100\%$ . Например, при растворении 32 г оксида магния в избытке соляной кислоты **было получено** 66,5 г хлорида магния. Определите выход продукта реакции от теоретически возможного. Обращаем внимание на то, что дана практическая масса хлорида магния, а требуется найти теоретическую по уже рассмотренному алгоритму. Выполним расчет, определяем, что теоретическая масса хлорида магния составляет 76 г. Тогда находим выход продукта реакции:  $\eta = 66,5/76 \cdot 100\% = 87,5\%$ . 3. Наиболее сложный для учащихся вариант данных задач, когда даны практическая масса/объем одного из продуктов реакции и выход продукта, а требуется найти массу/объем исходного вещества. В таком случае, в начале решения задачи находится теоретическая масса/объем вещества, а затем выполняются действия согласно алгоритму. Например, при взаимодействии водорода с азотом **получили** аммиак объемом 2,44 л при выходе 80%. Какой объем азота вступил при этом в реакцию? В начале находим объем аммиака теоретический по формуле:  $V_{\text{т}} = V_{\text{пр}}/\eta = 3,05\text{л}$ . Далее согласно рассмотренному алгоритму находим объем азота:  $V = 1,525\text{л}$ .

2. Задачи на «избыток/недостаток». Решение подобных задач условно можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести задачи, в которых избыток или недостаток одного из веществ не влияет на продукт реакции. В таком случае в алгоритме решения подобных задач прибавляется логическая операция по нахождению вещества, которое находится в избытке и дальнейшее решение задачи по веществу, взятое в недостатке. Например, какой объем углекислого газа получится при действии 25 г 10% раствора азотной

кислоты на 12 г 3% раствора карбоната натрия. Алгоритм решения данной задачи следующий: 1. Находим массу и количество вещества для азотной кислоты и карбоната натрия. В ходе вычислений получаем, что  $n(\text{HNO}_3)=0,040$  моль,  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3)=0,003$  моль. 2. По уравнению реакции смотрим, что азотная кислота реагирует с карбонатом натрия в отношении 2:1, откуда следует, что кислота взята в избытке (если разделить 0,040 на 0,003, то получим отношение 13:1). 3. Продолжаем расчет по карбонату натрия и находим объем углекислого газа  $V(\text{CO}_2)=0,00672$  л. К второй группе задач можно отнести те, в которых избыток или недостаток одного из реагирующих веществ влияет на продукт реакции. В таком случае, по отношению к стандартному алгоритму, составление химического уравнения смещается и выполняется после нахождения количества вещества реагирующих веществ. Например, вычислите массу соли, образующейся при взаимодействии 4,48 л углекислого газа с 40 г 20%-го раствора гидроксида натрия. Алгоритм будет следующий: 1. Находим количество вещества углекислого газа и гидроксида натрия:  $n(\text{CO}_2)=0,2$  моль,  $n(\text{NaOH})=0,2$  моль. 2. Углекислый газ и гидроксид натрия могут реагировать по двум направлениям:  $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH}=\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , либо  $\text{CO}_2 + \text{NaOH}=\text{NaHCO}_3$ . Т.к. гидроксид натрия и углекислый газ находится в соотношении 1:1, то справедливо будет второе уравнение реакции. 3. Находим массу кислой соли.