**Использование элементов интеграции при решении химических задач**

Интеграция в современной науке трактуется как целенаправленный процесс (или результат данного процесса) по объединению разрозненных элементов или знаний о них, на основе тех или иных теоретических оснований, в единое целое. При изучении отдельных тем по дисциплинам **«**Физика» и «Химия» обучающимся необходимы знания и из области физики и химии одновременно. Кроме этого, при решении теоретических задач и химии часто используются алгебраические способы решения. Поэтому внедрение элементов интеграции очень актуально.

При решении теоретических задач по химии с участием газообразных веществ у учащихся часто возникают затруднения, так как им необходимо хорошо знать основные газовые законы, которые более подробно изучаются на уроках физики и используются в решениях. На уроках химии большее внимание уделяется изучению сущности химических процессов, написанию химических уравнений. Решение многих химических задач предполагает использование алгебраических методов решения. Поэтому задачи с участием газов заслуживают специального рассмотрения. Знание свойств газов имеет большое значение для понимания свойств веществ на атомном и молекулярном уровнях. Кроме этого газы могут быть реагентами и продуктами в химических реакциях. Поэтому необходимо научить учащихся выражать количества газов при различных условиях через их объём и давление.

**Методические рекомендации по решению химических задач с использованием газовых законов**

Часто в условиях задач с участием газообразных веществ объём газа даётся не при нормальных, а при каких-то других условиях. В этом случае, как обычно говорят, нужно привести объём к нормальным условиям. Состояние идеального газа заданной массы характеризуется тремя параметрами: давлением, объёмом и температурой. Между этими величинами были экспериментально установлены следующие соотношения: при постоянной температуре: **P1 ∙V1 = P2 ∙V2**,или P∙V = const **(**закон Бойля-Мариотта), при постоянном объёме: **P1 / Т1 = P2 / Т2**, или P / Т = const(закон Шарля), при постоянном давлении: **V1/ Т1 = V2 / Т2**, или V / Т = const(закон Гей-Люссака). Эти три закона объединяют в один универсальный газовый закон, который математически выражается так**: **, где V0 – объём газа при н.у., т.е. при нормальной температуре T0 = 273 K и при нормальном давлении P0 =101325 Па; V- объём газа при данной температуре T и данном давлении P.

Значение молярной массы газа, а также число молей газа можно найти при использовании уравнения Клапейрона – Менделеева: **PV = (m/M) RT** или **PV = *v*RT**,где P - давление газа , V- объём системы , m – масса газа, Т - абсолютная температура, *v* - количество газа ( *v* = m/M), R - универсальная газовая постоянная: R = 8,314 Дж / *(*) = 0,0821 л∙атм /().

Уравнение Клапейрона – Менделеева позволяет найти количество вещества газа по его объёму. При нормальных условиях ***v* = V/ Vm = V/ 22,4 л**. При произвольных условиях ***v = РV / (RT)****.* Многие химические реакции, в том числе и газовые, проводятся при постоянной температуре и постоянном давлении. При этих условиях из уравнения Клапейрона – Менделеева следует, что V = *v* RT/P = *v∙*(RT/P). Выражение в скобках является постоянным при Р = const и Т = const. Это означает, что **V1/ *v1 =* V2 / *v* ,** или ***V~v.***Следовательно, объём газа пропорционален числу молей. Это есть не что иное, как закон Авогадро, который гласит:  *При одинаковых условиях в равных объёмах любых газов содержится равное число частиц.*

Большое значение для решения задач с участием газов имеет сам закон Авогадро и следствия из него. Первым следствием из закона Авогадро является утверждение: *при одинаковых условиях равные количества различных газов занимают равные объёмы.* Таким образом, при стехиометрических расчетах газовых реакций число молей газов можно заменять их объёмом. Вторым важным следствием оказывается, что *два различных газа одинаковых объёмов при одинаковых условиях*, хотя и содержат одинаковое число молекул, *имеют неодинаковые массы*: масса одного газа во столько раз больше массы другого, во сколько раз относительная масса первого больше, чем относительная молекулярная масса второго, т.е. *плотности газов относятся как их молярные массы:* **ρ1 / ρ2 = Мr1/Мr2** = **Di ,** где ρ - плотность газа, Mr – относительная молекулярная масса; Di – относительная плотность одного газа по другому; i – индекс, указывающий формулу газа, по отношению к которому проведено определение. Например, D(Н2**) –** относительная плотность газа по водороду; D(возд.) - относительная плотность газа по воздуху (в этом случае подразумевается относительная молекулярная масса смеси газов воздуха; она равна 29). Если в условии задачи задана относительная плотность Di некоторого газа, имеющего молярную массу Мr1, по другому газу, имеющего молярную массу Мr2, то можно использовать существующую зависимость между этими величинами:**Di =Мr1 /Мr2**

Если газ представляет собой смесь нескольких веществ, то полное давление газовой смеси равно сумме давлений её отдельных компонентов. Давление, создаваемое каждым отдельным компонентом в отсутствие других компонентов при тех же температуре и объёме, называется *парциальным давлением.* Согласно закону парциальных давлений Джона Дальтона *полное давление газовой смеси равно сумме давлений, создаваемых каждым газом в отсутствие остальных газов:* Р полн. = Р1 + Р2 + Р3 + … .

При этом каждый из компонентов газовой смеси подчиняется уравнению состояния идеального газа. Часто в экспериментах по определению числа молей газообразного продукта реакции газ приходиться собирать над поверхностью воды. Для вычисления числа молей собранного газа необходимо вводить поправку на давление паров воды в приёмном сосуде, так как давление внутри сосуда представляет собой сумму давления собранного газа и давления паров воды, находящихся в равновесии с жидкой водой: Рполн. = Ргаз + Р(H2O)

Давление паров воды Р(H2O) при различных температурах можно найти в справочной литературе (таблицы зависимости давления паров воды от температуры). Расчёты масс, количеств веществ и объёмов газов обычно проводят с помощью алгебраических уравнений, как правило, на основе закона Авогадро. Рассмотрим некоторые особенности составления таких уравнений. Иногда в задачах требуется произвести вычисления с газами, при смешении которых не происходит химического взаимодействия, а образуется смесь исходных газов. В таких случаях при составлении алгебраических уравнений учитывают, что масса газовой смеси равна сумме масс газов смеси. В уравнении массу каждого газа, а также смеси представляют как произведение количества вещества газа на его молярную массу: **m = *v ∙* M .**

В отдельных задачах при составлении уравнений принимают во внимание, что количество вещества в газовой смеси равно сумме количеств веществ газов, которые были смешаны. Во многих задачах рассматриваются газы, которые при смешении реагируют между собой, образуя газообразные продукты реакции. В таких случаях при составлении алгебраических уравнений учитывают, что объёмы участвующих в реакции газов относятся как коэффициенты перед формулами соединений в уравнении химической реакции. Причём объёмы газов должны быть взяты при одинаковой температуре и давлении. В алгебраических уравнениях отношение объёмов реагирующих газов иногда удобно заменять отношением количеств веществ газов.

В процессе решения задач, касающихся газов, иногда полезно использовать информацию, которую можно представить в виде неравенств. Последние иногда непосредственно следуют из условия задачи. Однако в ряде случаев их можно составлять на основе известных свойств газов. Например, для любого газа относительная плотность по водороду больше единицы: D(Н2)>1; средняя молярная масса газа, состоящего из молекул различных соединений, находится в пределах значений молярных масс этих соединений:  и т. п.

Для нахождения средней молярной массы смеси используют формулу:

**Мср.=(M1∙V1+M2∙V2+M3∙V3+…)/(V1+V2+V3+…)**  
Поскольку объёмы газов пропорциональны их количеству, то среднюю молярную массу смеси можно выражать не только через объёмы, но и через моли.

***Рассмотрим задачи с участием газов.***

**1**. Некоторое количество газообразного гелия при 78º С и давлении 45,6 атм занимают объём 16,5 л. Каков объём этого газа при нормальных условиях?

***Дано:***Р = 45,6 атм , V = 16,5л **,** t = 78º С (Т = 351 К*)***,** Р0 =1 атм, Т0 = 273 К. V0 = ?

***Решение:*** Для решения задачи используем универсальный газовый закон:

***P0 V0 P V*** *P V T0*46,5 атм ∙ 16,5 л∙ 273 К

***---------- = --------- ,*** откуда*V0* ***= ----------------- =*** --------------*------------------------------- =* 585 л.

***T0 T*** *T P0*1 атм∙ 351 К

**2.** Какой объём займут 20 г азота при 0º С и давлении 202 кПа?

***Дано:*** m (N2) = 20 г, P = 202 кПа, t = 0º C , М (N2) = 28 г/моль.

V (N2) = ?

***Решение:***Для решения задачи используем уравнение Клапейрона – Менделеева: **PV = (m/M) RT**,где P - давление газа, V - объём газа, m - масса газа, M – молярная масса азота, T- абсолютная температура, R- универсальная газовая постоянная,T = 0 + 273 = 273 К. Подставляя исходные данные в уравнение, получаем:

V = mRT / M P = 20 ∙ 8,31 ∙ 273/ (28∙202) = 8,022 л.

**3.** В сосуде объёмом 40 л находится 77 г углекислого газа под давлением 106,6 кПа.Найдите температуру газа.

***Дано****:* V (СО2) = 40 л, P = 106,6 кПа , m(СО2) = 77г, R = 8.31 Дж/моль∙К .

t = ?

***Решение:*** Для решения задачи используем уравнение Клапейрона – Менделеева: PV = (m/M) RT**,** М (СО2) = 44 г/ моль.

T = PVM/ m R = 106,6 ∙ 40 ∙ 44 /( 77 ∙ 8.31) = 293 К, t = 293 - 273 = 20º C.

**4.** При какой температуре молярный объём газов равен 30 л/моль (Р=1 атм) ?

***Дано*:** *Vm***=** 30л/моль, Р = 1 атм, R = 0,082 атм ∙ л / (моль∙К), *v* *=*1моль.

t = ?

***Решение:*** Для решения задачи используем уравнение Клапейрона – Менделеева:

PV = (m/M) RT или PV = *v* RT, откуда T = PV/*v*R**,**

T = 1∙30/ (1 ∙ 0,082) = 365,85 К, t = 365,85 – 273 = 92, 85 ºС.

**5.** В сосуд объёмом 0,4 л помещают 0,2 л О2 при 0º С и давлении 1,0 атм и 0,1 л N2 при 0º C и давлении 2,0 атм . Чему равно полное давление в этом сосуде при 0º C ?

***Дано:*** *V* (О2) = 0,2л, *V* (N2 ) = 0,1л *,* t = 0º C , Р = 2 атм.

Рполн. = ?

***Решение:*** Для решения задачи используем закон парциальных давлений Дальтона, согласно которому полное давление смеси газов равно сумме давлений, создаваемым каждым газом в отсутствии остальных газов:

Рполн. = Р1 + Р2 + Р3 +.. .

Вычислим давление каждого газа при условии, что он один занимает объём 0,4 л. Поскольку количество каждого газа и его температура остаются постоянными, могут изменяться только давление и объём. Поэтому по закону Бойля-Мариотта: **P1V1 = P2 V2 ,**

V1 0,2 л 0,1 л

P2 = P1 -----, P(*О2) =* 1 атм -------- = 0,5 атм , P(N2) = 2 атм -------- = 0,5 атм

V2 0.4 л 0,4 л

Согласно закону Дальтона: Рполн. = Р(*О2)*  + Р (*N2)*  = 0,5 + 0,5 = 1 атм

**6.** Давление газа в аэрозольном баллончике при 25º С равно 1,5 атм. Если предположить, что газ внутри баллончика подчиняется уравнению состояния идеального газа, каким окажется его давление при нагревании баллончика до

450º С?

***Дано*:** Р1 = 1,5 атм, t1 = 25***º*** С (Т1 = 298 К) ***,*** t2 = 450***º*** С ( Т2 = 723 К).

Р2 = ?

***Решение:***Для решения задачи используем закон Шарля. Поскольку давление газа при постоянном объёме возрастает пропорционально его температуре, при более высокой температуре давление P2 должно быть равно произведению исходного давления P1 на отношение конечной абсолютной температуры к исходной:

**P1 P2**  Т2 723 К

--- = ----- , P2 = P1 ----- = 1,5 атм ---------- = 3,6 атм .

**Т1 Т2** Т1 298 К

Из этого примера видно, почему на аэрозольных баллончиках имеется надпись, запрещающая их нагревание.

**7.** Вычислите среднюю молярную массу смеси, состоящей из 30 % (по объёму) сероводорода и 70 % азота.

***Дано*:** φ (H2 S) = 30 % , φ (N2) = 70 % , М (H2S) = 34 г/моль, М (N2) = 28 г/моль. М ср. = ?

***Решение:*** Возьмём 100 л смеси, тогда V(H2 S) = 30 л, V(N2) = 70 л.

Среднюю молярную массу смеси можно выражать через объёмы:

М ср. = (M1 ∙ V1 + M2 ∙V2) / (V1 + V2) . Подставляя исходные данные, получим: Мср. = (34 ∙ 30 + 28 ∙ 70) / (30 + 70) = 29,8 г/ моль.

**8.** Чему равна плотность по воздуху газовой смеси, содержащей 20 л азота и 80 л кислорода?

***Дано:*** V (N2) = 20 л,V (O2) = 80 л, М (N2) = 28 г/моль, М (О2) = 32 г/ моль. D cм. (возд.) = ?

***Решение:*** Плотностьгазовой смеси по воздуху получается делением средней молярной массы смеси на молярную массу воздуха**:**

**Dcм. (возд.) = М ср. / M возд.**

Найдём среднюю молярную массу смеси:

М ср. = ( M1 ∙ V1 + M2 ∙V2 ) / (V1 + V2 ) = ( 28 ∙ 20 + 32 ∙ 80) / (20+80) = 31,2.

Найдём плотность по воздуху газовой смеси:

Dcм.(возд.) = М ср. / М(возд.) = 31,2 / 29 = 1, 075.

**9.** Плотность смеси озона и кислорода по водороду равна 18. Найти объёмные доли газов в этой смеси.

***Дано:*** Dcм. (Н2) = 18, М **(**О2**) =** 32 г/моль, М **(**О3**)** = 48 г/моль.

φ(О2) = ?, φ(О3) = ?

***Решение:***Dcм.(Н2**) =** Мср/M (Н2**),** 18 = М ср./ 2, откуда М ср.= 36 г/ моль.

Примем объём смеси за 100 л. Пусть в смеси содержится *Х* л кислорода. Тогда объём озона будет (100 **–** *Х)* л. Пользуясь определением средней молярной массы, можно записать соотношение:

М ср. = (32 ∙ Х + 48∙(100 - Х)) /100 = 36 г/ моль.

Откуда *Х* = 75 л (объём кислорода), тогда объём озона будет равен 25 л. Найдём объёмные доли газов в этой смеси:

φ(О2) = 75/100 = 0,75, φ (О3) =25/100 = 0,25 .

**10.** Какой объём (н.у.) озонированного кислорода с молярной долей озона 24 % требуется для сжигания 11,2 л водорода.

**Дано:** V() =11,2 л , φ() = 24 %. V(смеси) = ?

***Решение:*** Реакциям горения водорода отвечают уравнения:

2 + = 2 3+ = 3.

Искомая величина V (смеси) – объём озонированного кислорода, необходимый для сжигания 11,2 л водорода. Составим уравнения, учитывая, что количество вещества водорода равно сумме удвоенного количества кислорода и утроенного количества вещества озона.

*v*() = 2*v*() + 3*v*(),  ,

 откуда V (смеси) = 5 л.

**11.** Какой объём (н.у.) озонированного кислорода с молярной долей озона 24 % требуется для сжигания 11,2 л водорода.

***Дано:*** V() =11,2 л , φ() = 24 %.

V(смеси) = ?

***Решение****:* Реакциям горения водорода отвечают уравнения:

2 + = 2 , 3+ = 3.

Искомая величина V (смеси) – объём озонированного кислорода, необходимый для сжигания 11,2 л водорода. Составим уравнения, учитывая, что количество вещества водорода равно сумме удвоенного количества кислорода и утроенного количества вещества озона.

*v*() = 2*v*() + 3*v*(),  ,

 откуда V (смеси) = 5 л.

Итак, для решения теоретических задач по химии с участием газообразных веществ необходимо использовать следующие законы:закон Бойля-Мариотта, закон Гей-Люссака, закон Шарля, уравнение Клапейрона – Менделеева, закон парциальных давлений Джона Дальтона, закон Авогадро и следствия из него, а также использовать алгебраические способы при их решении.

***Задачи для самостоятельной работы***

**1.** Найдите плотность по водороду генераторного газа, имеющего следующий объёмный состав: 25% СО, 70% N2 , 5% СО2 .

**2**. Рассчитайте массовую долю более лёгкого газа в смеси состоящей из аммиака и азота имеющий плотность 1,03 г/л при давлении 90 кПа и температуре 263 К.

**3.** Допустим, что вам поручено ежедневно наполнять гелием метеорологический зонд объёмом 12 л при давлении 1 атм и выпускать его в атмосферу. Сколько баллонов гелия объёмом 25 л, в которых газ находиться под давлением 153 атм, потребуется в год (предполагается, что во всех случаях температура равна 27º C) при условии, что газ используется без отходов?

**4.** Газ при давлении 810 кПа и температуре 12˚С занимает объём 855 л. Каким будет давление, если этот же газ при температуре 320 К займет объём 800 л.

Найти массу углекислого газа в баллоне вместимостью 40 л при температуре 288 К и давлении 4,9 МПа.

**5**. Баллон электрической лампы при изготовлении заполняют азотом под давлением 50,65 кПа при температуре 288 К. Какова температура газа в горящей лампе, если давление в ней повысилось до 111 кПа.

**6**. Газ, занимавший объём 12,32 л, охладили при постоянном давлении на 45К, после чего его объём стал равен 10,52л. Какова была первоначальная температура газа?

**7.** Сосуд вместимостью 12 л, содержащий газ при давлении 0,4 МПа, соединяют с другим сосудом, из которого полностью откачан воздух. Найти конечное значение давления. Процесс изотермический. Вместимость второго сосуда – 3л.

**8**. К 30 л смеси, состоящей из этана и аммиака, добавили 10 л хлороводорода, после чего плотность паров газовой смеси по воздуху стало равной 0,945. Вычислить объёмные доли газов в исходной смеси. Необходимо учесть, чтопри добавлении хлороводорода происходит химическая реакция:

+ HCl →  с образованием твёрдого .

***Литература:***

1) Кузьменко Н.Е., Ерёмин. В.В. Начала химии.. Современный курс для поступающих в ВУЗы.- М.: Экзамен, 2004 г.

2) Хомченко И.Г. Сборник задач по химии для поступающих в ВУЗы. - М.: Новая волна, 2000 г.

3) Кузьменко Н.Е., Ерёмин. В.В. Сборник задач по химии.- М.: Экзамен, 2006 г.

4) Кузьменко Н.Е., Ерёмин. В.В. Сборник задач и упражнений по химии для школьников и абитуриентов.- М.: Экзамен, 2002 г.

5) Браун Т., Лемей Г. Химия в центре наук. - М.: Мир, 1983 г.