

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9 – 1. «Запах раков». Рекомендации к решению и оценке:

1) Начнем решение задачи с расчета молекулярной массы вещества **Б** с использованием относительной плотности газа:

$$M(\mathbf{B}) = D_{\text{Ar}}(\mathbf{B}) * M(\text{Ar}) = 0,801 * 39,95 = 32 \text{ г/моль.}$$

Газ с такой молярной массой соответствует кислороду, **Б** – O_2 . Из этого следует, что вещество **А** – O_3 , так как он образуется в электрическом разряде из кислорода, содержащемся в воздухе. Название озона произошло от греческого *ozon* – «пахнущий».

В промышленности озон получают с использованием озонаторов. Часто пользуются и лабораторным методом получения озона взаимодействием пероксида бария BaO_2 (**В**) с холодной концентрированной серной кислотой. В ходе этой реакции образуется озон и сульфат бария. Являясь окислителем, озон способен окислять иодид до иода, который в свою очередь образует с крахмалом соединения – включения синего цвета, на чем основано обнаружение озона.

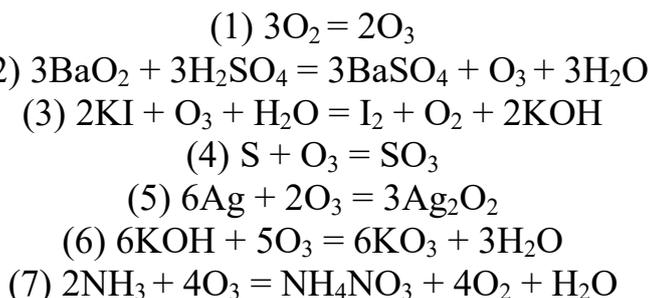
Озон – сильный окислитель, переведет серу в высшую степень окисления, а именно триоксид SO_3 (**Г**). По массовой доле удастся проверить, что соединение **Д** имеет простейшую формулу AgO , но из подсказки следует состав Ag_2O_2 (**Д**). Озон способен образовывать бинарные соединения, аналогичные кислороду, – озониды. При реакции озона с гидроксидом калия образуется красный озонид калия KO_3 (**Е**), состав которого можно установить с использованием данных в условии: вещество **Е** бинарное, содержит кислород и, видимо, калий, т.к. образуется при взаимодействии с гидроксидом калия:

$$\begin{aligned} & \text{К : О} \\ & w(\text{К})/M(\text{К}) : w(\text{О})/M(\text{О}) \\ & 44,89/39 : 55,11/16 \\ & 1,151 : 3,444 \quad | : 1,151 \\ & 1 : 3 \\ & \text{KO}_3 \end{aligned}$$

Озон окисляет аммиак до нитрата аммония NH_4NO_3 (**Ж**), являющегося белым ионным соединением, которое широко применяется в сельском хозяйстве в качестве удобрения и в качестве окислителя в пиротехнике. Таким образом, вещества:

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
O_3	O_2	BaO_2	SO_3	Ag_2O_2	KO_3	NH_4NO_3

2) Уравнения реакций:



3) Озон образуется под действием ультрафиолетового излучения Солнца, и накапливается в стратосфере Земли, обеспечивая возможность существования жизни, так как задерживает губительное для живых организмов ультрафиолетовое излучение.

За определение веществ А – Ж по 1 баллу, всего	– 7 баллов
За составление уравнений реакций по 2 балла, всего	– 14 баллов
Указание на наличие озонового слоя	– 2 балла
Образование озона под действием ультрафиолетового излучения	– 2 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

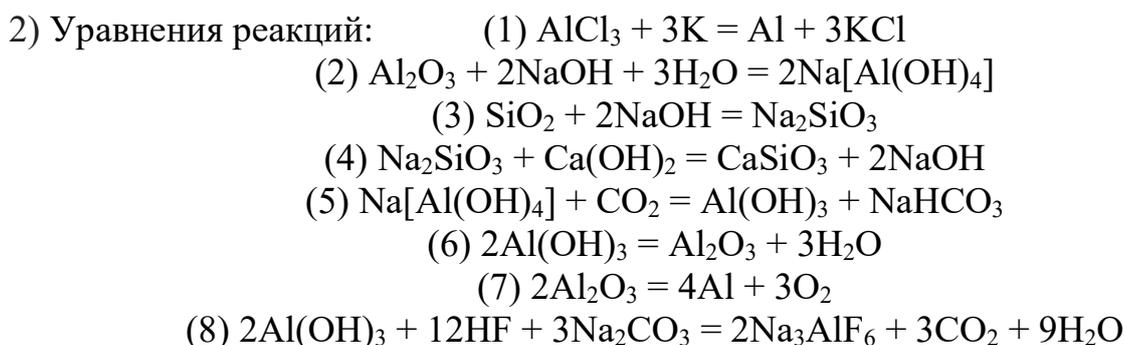
Задача 9 – 2. «Глиний». Рекомендации к решению и оценке:

1) Начнем решение задачи с расчета формулы вещества В. Из условия известно, что вещество В – оксид, в котором известно содержание кислорода. Для установления состава оксида воспользуемся методом направленного перебора: составим ряд оксидов и вычислим молярную массу второго элемента в составе вещества.

Формула оксида	A ₂ O	AO	A ₂ O ₃	AO ₂	A ₂ O ₅	AO ₃	A ₂ O ₇	AO ₄
M(B)	34	34	102	68	170	102	238	136
M(A)	9	18	27	36	45	54	63	72
A	Be	-	Al	-	Sc	-	-	-

Проанализируем результаты расчета: бериллий и скандий не производят в таких больших объемах, к тому же эти элементы не относятся к числу одних из самых распространенных в земной коре, как говорится в условии. Таким образом, элементом А является алюминий, тогда А – Al, В – Al₂O₃. Впервые алюминий был получен восстановлением амальгамой калия хлорида AlCl₃ (Б). Пойдем по порядку электрохимического метода, для начала нужно очистить боксит, обезвоженный при 200°C, от примесного кремнезема (SiO₂), растворив сырье в концентрированном растворе гидроксида натрия (в автоклаве при давлении 5-6 атм и температуре 160-170 °C) и получив Na[Al(OH)₄] (Г) и Na₂SiO₃ (Д) (также на этом этапе отделяются от красного шлама, состоящего из гидроксида и оксида железа). Затем принимается решение осадить силикат в виде белого нерастворимого CaSiO₃ (Е). Таким образом, в растворе остается тетрагидроксоалюминат, из которого удобно получить нерастворимый гидроксид алюминия продуванием углекислого газа через раствор. Также раствор подвергают «выкрутке», заключающейся в интенсивном перемешивании раствора в присутствии затравки кристаллического Al(OH)₃ (Ж) при 25-30°C. В ходе этих операций образуется мелкокристаллический осадок гидроксида алюминия, который легко фильтруется. Полученный гидроксид отфильтровывается и промывается для удаления остаточных количеств NaOH, а затем прокаливают при 1100-1200°C. Чистый оксид алюминия затем подвергается электролизу в расплаве криолита (Na₃[AlF₆], З), который образуется при растворении гидроксида алюминия в плавиковой кислоте в присутствии карбоната натрия. Таким образом, формулы веществ:

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Al	AlCl ₃	Al ₂ O ₃	Na[Al(OH) ₄]	Na ₂ SiO ₃	CaSiO ₃	Al(OH) ₃	Na ₃ [AlF ₆]



3) Роль криолита в электрохимическом получении алюминия очень важна: он значительно понижает температуру плавления системы практически в два раза (по сравнению с 2072°C для чистого оксида алюминия), а также обладает высокой электропроводностью, что повышает эффективность электролиза.

За определение веществ А – З по 1,5 балла, всего – 12 баллов

За составление уравнений реакций по 1,5 балла, всего – 12 баллов

Любое разумное объяснение роли криолита – 1 балл

Максимальное число баллов за задачу – 25 баллов

Задача 9 – 3. «Уравнение Менделеева-Клапейрона».

Рекомендации к решению и оценке:

1) Среди достижений Д.И. Менделеева можно назвать: создание Периодического закона, работы по изучению удельных объемов веществ при смешении, изучении химии силикатов и изготовление стекол, исследование газов, работы по изучению кораблестроения и освоению крайнего севера, технология изготовления пороха, изучение электролитической диссоциации, работы в области химических измерений и метрологии, демографические прогнозы о динамике изменения численности населения России, создание первого отечественного учебника по органической химии.

2) Идеальный газ – газ, который при всех значениях p , V и T подчиняется уравнению Менделеева-Клапейрона.

Идеальный газ:

- Молекулы газа являются материальными точками (имеют массу, но не имеют объема)
- Молекулы газа обмениваются кинетической энергией (нет притяжения и отталкивания, т.е. обмена потенциальной энергией).

3) Объем 1 моль идеального газа при нормальных условиях 22,4 литра.

Вычислим молярный объем газа при стандартных условиях с использованием уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} = \frac{1 \cdot 8.314 \cdot 298.15}{100000} = 0.02479 \text{ м}^3 = 24.79 \text{ л}$$

4) Вещества в составе выдыхаемого воздуха: азот, кислород, углекислый газ.

Начнем с вычисления средней молярной массы упаковочного газа, чтобы предположить, какие газы входят в состав смеси:

$$\rho = 1.308 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1308 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

$$pM = \rho RT \Rightarrow M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1308 \cdot 8.314 \cdot 290.15}{0.95 \cdot 101325} = 32.78 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Функция упаковочного газа – обеспечить хранение продуктов, т.е. создать неблагоприятные условия для размножения бактерий. Для этого в составе упаковочного газа должны быть такие вещества, которые не поддерживают процессы дыхания – это азот и углекислый газ.

$$M(\text{упаковочный газ}) = \varphi(N_2)M(N_2) + \varphi(CO_2)M(CO_2)$$

$$32.78 = x \cdot 28 + (1 - x) \cdot 44$$

$$x = 0.7 = 70\% = \varphi(N_2)$$

Состав упаковочного газа:

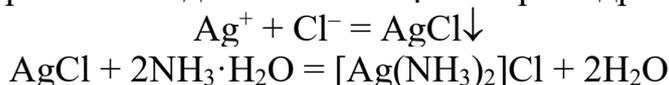
N_2	CO_2
7	%

Любое достижение Д.И. Менделеева	– 2 балла
Определение идеального газа (указание на отсутствие взаимодействий и пренебрежение размером частиц)	– 4 балла
Объем 1 моль газа при н.у.	– 2 балла
Объем 1 моль газа при стандартных условиях	– 4 балла
Вычислена молярная масса упаковочного газа	– 6 баллов
Установлен качественный состав упаковочного газа по 2 балла, всего – 4 балла	
Вычислен количественный состав упаковочного газа	– 3 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов

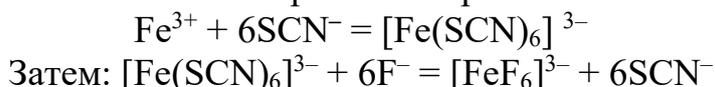
Задача 9 – 4. «Бестужевские капли».

Рекомендации к решению и оценке:

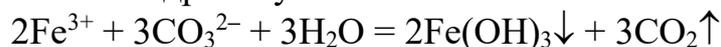
1. Реакция с раствором нитрата серебра с образованием белого творожистого осадка указывает на наличие в составе вещества А хлорид ионов, что подтверждается растворением осадка в избытке раствора гидрата аммиака:



Реакция с раствором роданида калия с образованием вещества темно-красного цвета, а затем исчезновение окраски говорит о наличии иона железа Fe^{3+} .



Реакция с карбонатом натрия подтверждает наличие Fe^{3+} , т.к. соли железа в растворе подвергаются гидролизу



Следовательно вещество А – $FeCl_3$.

2. На основе количественного анализа рассчитаем массу навески $FeCl_3$ и объем диэтилового эфира. Пусть нам нужно приготовить 100 г таких капель, тогда можно рассчитать массу одной массовой части

$$1 \text{ м.ч.} = 100 / (0,6 + 7,2 + 4 + 1,2) = 7,69 \text{ г}$$

Найдем $V(\text{диэтилового эфира}) = m/\rho = 7,69 \cdot 4 / 0,714 = 43,08 \text{ см}^3$ (мл).

Найдем массу соли:

$$m(FeCl_3) = 0,6 \cdot 7,69 = 4,614 \text{ г.}$$

Найдем $V(\text{этанола}) = m/\rho = 7,2 \cdot 7,69 / 0,7893 = 70,14 \text{ см}^3$ (мл).

Найдем $\omega(\text{этанола}) = m \text{ в-ва} / m \text{ р-ра} = 70,14 \cdot 0,789 / 100 = 0,5534$ (55,34%)

<i>За определение соли А</i>	<i>– 4 балла</i>
<i>За уравнения реакций по 2 балла, всего</i>	<i>– 10 баллов</i>
<i>За расчет объема эфира</i>	<i>– 3 балла</i>
<i>За расчет массы навески соли</i>	<i>– 3 балла</i>
<i>За расчет объема спирта</i>	<i>– 3 балла</i>
<i>За расчет массовой доли спирта</i>	<i>– 2 балла</i>
Максимальное число баллов за задачу	– 25 баллов
Максимальное число баллов за задачи 9 класса	– 100 баллов