

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. (А. А. Шабалов)

Задача 9-1. (А. А. Шабалов)

1. Логично предположить, что соль А представляет собой малорастворимый сульфат какого-то элемента, это следует из того, что соединение того же элемента (вещество Н) используют в качестве реагента на сульфат ионы.

Нерастворимыми в воде являются сульфаты щелочноземельных элементов, малорастворим так же сульфат серебра. Сопоставляя условия задачи можно сделать вывод о том, что А представляет собой сульфат бария. Об этом свидетельствует его использование в медицине (сульфат бария широко применяется в качестве вещества способного задерживать рентгеновские лучи при рентгенологическом исследовании желудочно-кишечного тракта). Использование А в качестве реагента на сульфат ион, наводит нас на мысль, что белый нерастворимый осадок – сульфат бария. Итак, А – $BaSO_4$.

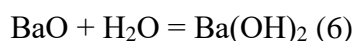
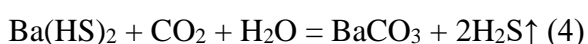
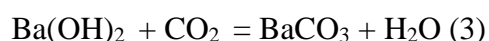
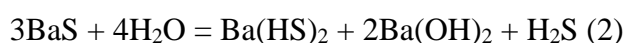
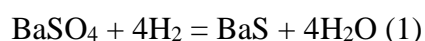
При нагревании сульфата бария в токе водорода происходит восстановление последнего до сульфида. Таким образом вещество В – это сульфид бария BaS .

2. При стоянии на воздухе водного раствора сульфида бария, происходит помутнение, вследствие поглощения углекислого газа из воздуха. Так же в процессе стояния происходит гидролиз сульфида с образованием сероводорода, кислой соли – гидросульфида бария – и гидроксида бария. То есть С – H_2S , D – $Ba(HS)_2$, а E – $Ba(OH)_2$. Помутнение раствора связано с выпадением малорастворимого карбоната бария. Значит, F – $BaCO_3$. При термоллизе последнего происходит его разложение до оксида бария и углекислого газа. Тогда газ G – это оксид углерода (IV), а K – это оксид бария (способен к реакции гидратации с образованием гидроксида, что подтверждает правильность нашего рассуждения). Далее, при взаимодействии с кислотой карбонат бария переходит в хлорид с выделением углекислого газа. То есть соединение Н представляет собой хлорид бария $BaCl_2$.

Итак:

A – $BaSO_4$; B – BaS ; C- H_2S ; D – $Ba(HS)_2$; E – $Ba(OH)_2$; F – $BaCO_3$; G – CO_2 ; K – BaO ;
H – $BaCl_2$

2. Приводим уравнения реакций:





Это пример качественной реакции на сульфат-ион.

3. Сульфат бария добавляют в материал детского конструктора на случай, если ребёнок вдруг случайно проглотит деталь конструктора. В этом случае врачи смогут определить место нахождения инородного предмета в организме с помощью рентгенографического исследования. Напомним, что сульфат бария способен задерживать рентгеновское излучение. В бумагу для банкнот эту соль добавляют для увеличения плотности, бумага хуже сгибается, не рвется.

4. Сульфат бария относится к довольно инертным соединениям. Он не взаимодействует даже с концентрированной азотной кислотой, не растворяется в щелочах. Однако при нагревании его с концентрированной серной кислотой, последний удаётся «перевести в раствор», благодаря образованию кислой соли – гидросульфата бария.

Уравнение реакции:



Сульфат бария можно перевести в раствор и другим способом. Например, при помощи реакции комплексообразования с макроциклическими лигандами – краун-эфирами. Суть метода в том, что молекула краун-эфира содержит полость определённого размера, способную удержать ион сопоставимого по диаметру с диаметром полости. Ион как бы «попадает в ловушку», закомплексованный ион способен перейти в водный раствор. Соединение растворяется.

Система оценивания.

1. За идентификацию веществ по 1 баллу за каждое соединение: всего $1 \cdot 9 = 9$ баллов.
2. Уравнения реакций. По 1 баллу за каждое – всего за пункт $1 \cdot 8 = 8$ баллов
3. Ответ на каждый вопрос: $1 \cdot 2 = 2$ балла.
4. Ответ на вопрос с уравнением реакции - 1 балл. Без уравнения 0,5 балла, вне зависимости от характера ответа. Если в ответе балл объяснен механизм действия краун-эфира, то так же 1 балл.

Итого 20 баллов

Задача 9-2. (К. А. Куриленко, А. А. Шабалов)

1. Исходя из массовой доли азота в газе А: $14n / 0,22764 = 61,5n$, где n – количество атомов азота.

Если $n = 1$	$M(\text{A}) = 61,5$ г/моль	CNCl
Если $n = 2$	$M(\text{A}) = 123$ г/моль	–
Если $n = 3$	$M(\text{A}) = 184,5$ г/моль	–

Получаем газ **A** – CNCl (хлорциан). Тогда можно предположить, что соль **X** содержит калий, углерод и азот. Соединением такого состава, используемым в золотодобывающей промышленности, может быть только цианид калия – KCN.

Возможно предположить, что соль **B** – NaCl (минерал **M** широко распространён в природе). Нетрудно рассчитать и состав соли **C**: $14n / 0,11336 = 123,5n$, где n – количество атомов азота в смеси

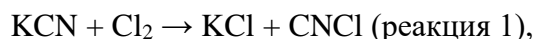
Если $n = 1$ $M(\text{смеси}) = 123,5$ г/моль $M(\text{C}) = M(\text{смеси}) - M(\text{NaCl}) = 65$ г/моль

Такой молярной массе отвечает NaOCN (цианат натрия).

Газы **G** и **F**, полученные термолизом NaOCN, могут содержать только O, C, N (O₂, CO, N₂, CO₂, (CN)₂, NO, NO₂), но среди них только N₂ и CO легче воздуха и не поддерживают горение, поэтому **G** – N₂, **F** – CO. Тогда соль **E** – NaCN (подобна KCN), а **D** – Na₂CO₃.

Итак, **X** – KCN, **A** – CNCl, **B** – NaCl, **C** – NaOCN, **D** – Na₂CO₃, **E** – NaCN, **G** – N₂, **F** – CO.

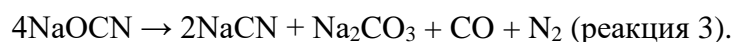
2. При хлорировании KCN на свету образуется хлорциан:



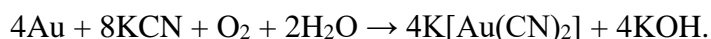
при поглощении которого едким натром образуется смесь двух солей:



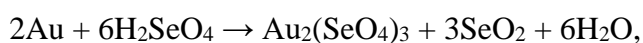
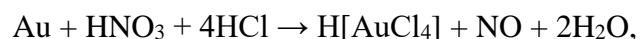
При термолизе KOCN образуется смесь газов:



3. В золотодобывающей промышленности цианид калия при непрерывном пропускании воздуха растворяет всё содержащееся в рудах золото:



4. В раствор золото можно перевести с помощью царской водки, селеновой кислоты или соляной кислоты в присутствии окислителя:



5. Для золота наиболее характерны следующие степени окисления:

0 Au

+1 K[AuCl₂], K[Au(SCN)₂], K[Au(CN)₂]

+3 K[AuCl₄], K[Au(CN)₄], K[AuBr₄]

6. Минерал **M** – галит.

Система оценивания

1. 8 веществ + расчёты = 1 балл · 8 + 0,5 балла · 2 = 9 баллов

2. 3 реакции = 3 · 1 балл = 3 балла

3. 1 реакция = 2 балла

$$4. 2 \text{ реакции} = 2 \text{ балла} \cdot 2 = 4 \text{ балла}$$

$$5. 3 \text{ степени окисления} + 3 \text{ примера} = 0,25 \text{ балла} \cdot 3 + 0,25 \text{ балла} \cdot 3 = 1,5 \text{ балла}$$

$$6. \text{Название минерала} = 0,5 \text{ балла}$$

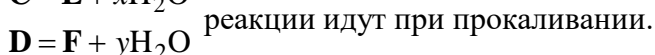
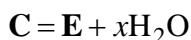
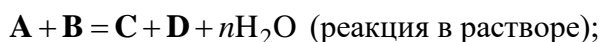
Итого 20 баллов

Задача 9-3. (Е. Е. Нехорошев)

Низкая удельная электропроводность раствора, оставшегося после отделения осадка, указывает на то, что при взаимодействии **A** и **B** не выделяются сильные электролиты. Следовательно, помимо осадка либо не образуется ничего, либо выделяется только вода. Частичная растворимость полученного осадка в разбавленных кислотах без газовыделения говорит о присутствии в его составе по крайней мере двух компонентов: растворимого в кислотах гидроксида (карбонаты, например, образуют углекислый газ при обработке кислотами, фосфаты не растворяются в разбавленной уксусной кислоте) и ещё какого-то вещества. Судя по всему, взаимодействие **A** и **B** является типичной реакцией обмена. Таким образом, тёмно-серый остаток после прокаливания по сравнению с исходной совокупностью **A** и **B** отличается по составу только отсутствием химически связанной воды. Рассчитаем количество вещества воды, полученной в ходе химических реакций:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{(10,0 + 3,0 - 8,7)}{18} = 0,24 \text{ моль}$$

Предположим, что реакции идут по следующей схеме:



Согласно уравнениям реакции: $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \nu(\mathbf{A}) \cdot (x + y + n)$

$$M(\mathbf{A}) = \frac{10(x + y + n)}{\nu(\text{H}_2\text{O})}; M(\mathbf{B}) = \frac{3,0(x + y + n)}{\nu(\text{H}_2\text{O})}, \text{ т.к. } \nu(\mathbf{A}) = \nu(\mathbf{B}).$$

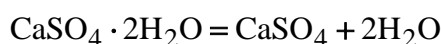
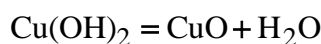
$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,24$ (моль). Перебирая любые целочисленные значения суммы $(x + y + n)$, будем вычислять молярные массы **A** и **B**. Причём, судя по ярко-голубой окраске бордоской жидкости, в её состав входит медь.

$(x + y + n)$	1	2	3	4	5	6
$M(\mathbf{A})$	42	84	125	168	208	250
Формула	не может содержать Cu	???	CuHCO_3 (?)	???	???	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
$M(\mathbf{B})$	12,5	25	37,5	50	62,5	75
Формула	не может быть гидроксидом	LiOH (не совсем подходит)	нет такого гидроксида	???	$\text{Be}(\text{OH})\text{Cl}$ (?)	$\text{Ca}(\text{OH})_2$

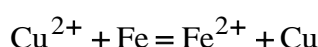
Таким образом, мы установили, что **A** – медный купорос, **B** – гидроксид кальция.

Примечание: учащиеся могут заранее знать состав бордоской жидкости, в таком случае от них требуется лишь подтвердить соответствие этих веществ условиям.

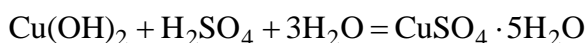
Уравнения протекающих реакций:



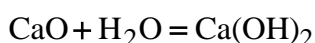
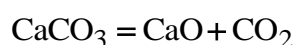
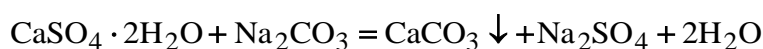
В растворе с избытком медного купороса присутствуют ионы Cu^{2+} , которые реагируют с железной поверхностью, образуя красноватый налет металлической меди:



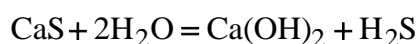
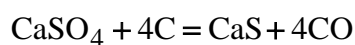
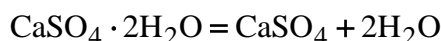
Регенерацию исходных веществ из бордоской жидкости можно провести следующим образом. К суспензии добавляют разбавленный раствор серной кислоты, смесь фильтруют и фильтрат упаривают.



Оставшийся осадок гипса можно прокипятить с насыщенным раствором карбоната натрия, полученный карбонат кальция прокалить и добавить воды:



Другой способ – восстановить гипс при повышенной температуре углём, полученный сульфид подвергнуть гидролизу:



Система оценивания.

1. Установление веществ **A** и **B** – по 2 балла (всего 4 балла).
2. Уравнения перечисленных в условии реакций – по 2 балла (всего 6 баллов).
3. Объяснение роли железного предмета – 2 балла, уравнение реакции ионов меди с железом – 2 балла. Всего 4 балла.
4. Схема регенерации веществ из бордоской жидкости – 6 баллов (если число стадий больше шести – 4 балла).

Итого 20 баллов

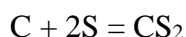
Задача 9-4. (А. И. Жиров)

1. Продукты горения – кислотные оксиды (наиболее вероятно оксиды неметаллов), один из которых находится не в высшей степени окисления (поглощается раствором пероксида водорода). Молярная масса одного из оксидов (непоглощаемого пероксидом) – $29 \cdot 1,5 = 43,5$ г/моль близка к значению для оксида углерода (IV) – 44. Можно оценить

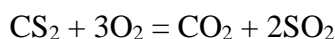
молярную массу второго оксида: $\frac{44+2x}{3} = 58$, откуда $x = 65$ г/моль. Это значение

достаточно близко к значению молярной массы оксида серы (IV) – 64 г/моль. Таким образом, исходной жидкостью мог быть CS_2 – сероуглерод или дисульфид углерода (IV).

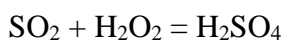
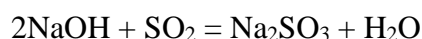
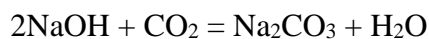
2. Реакция получения сероуглерода:



Реакция горения:



Реакции поглощения продуктов сгорания:



3. В четырнадцатой группе периодической таблицы Д. И. Менделеева (длиннопериодный вариант) аналогами углерода могут быть кремний и германий. Состав соответствующих соединений – SiS_2 , GeS_2 . Это будут твёрдые вещества: кремний (или германий) образуют четыре связи с атомами серы (по две σ -связи на каждый атом). Структура таких соединений содержит бесконечные цепи чередующихся атомов кремния (или германия) и серы.

Аналогом серы в 16 группе будет селен. Состав соединения CSe_2 – диселенид углерода.

Строение молекулярное. Соединение – высококипящая жидкость ($T_{\text{кип}} = 125^\circ\text{C}$).

Система оценивания.

1. Определение двух компонентов жидкости – $2 \cdot 2 = 4$ балла

Название соединения – 2 балла

2. Пять реакций – $5 \cdot 2 = 10$ баллов

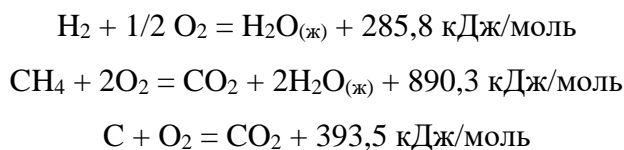
3. Состав двух аналогичных соединений – $2 \cdot 1 = 2$ балла

Указание агрегатных состояний этих соединений (без объяснений) – $2 \cdot 1 = 2$ балла

Итого 20 баллов

Задача 9-5. (В. В. Ерёмин)

1. Расчёт тепловых эффектов реакций сгорания по закону Гесса приводит к следующим термохимическим уравнениям:



2.

а) Возьмём по одному литру каждого из веществ и рассчитаем количества вещества:

$$v(\text{H}_2) = v(\text{CH}_4) = \frac{pV}{RT} = \frac{1013 \cdot 1}{8,314 \cdot 298} = 0,409 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}) = \frac{\rho V}{M} = \frac{2,27 \cdot 1000}{12} = 189 \text{ моль}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2) = 0,409 \cdot 285,8 = 117 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{CH}_4) = 0,409 \cdot 890,3 = 364 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{C}) = 189 \cdot 393,5 = 74370 \text{ кДж.}$$

Наибольшая теплотворная способность на единицу объёма – у угля.

б) Возьмём по одному килограмму каждого из веществ:

$$v(\text{H}_2) = \frac{m}{M} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ моль}$$

$$v(\text{CH}_4) = \frac{m}{M} = \frac{1000}{16} = 62,5 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}) = \frac{m}{M} = \frac{1000}{12} = 83,3 \text{ моль}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2) = 500 \cdot 285,8 = 142900 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{CH}_4) = 62,5 \cdot 890,3 = 55600 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{C}) = 83,3 \cdot 393,5 = 32800 \text{ кДж.}$$

Наибольшая теплотворная способность на единицу массы – у водорода.

в) Из результатов пунктов а) и б) следует, что теплота сгорания в расчёте на 1 у. е. для каждого из видов топлива равна:

$$Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2) = 117 / 0,025 = 4680 \text{ кДж/у. е.}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{CH}_4) = 364 / 0,005 = 72800 \text{ кДж/у. е.}$$

$$Q_{\text{сгор}}(\text{C}) = 32800 / 3 = 10900 \text{ кДж/у. е.}$$

Самое дешёвое топливо – природный газ.

Система оценивания.

$$1. 3 \text{ уравнения} = 3 \cdot 0,5 \text{ балла} = 1,5 \text{ балла}$$

$$3 \text{ тепловых эффекта} = 3 \cdot 1,5 \text{ балла} = 4,5 \text{ балла}$$

2. а) 3 балла за расчёт количеств веществ + 2 балла за тепловые эффекты = 5 баллов

б) 3 балла за расчёт количеств веществ + 2 балла за тепловые эффекты = 5 баллов

в) 3 балла за расчёт и 1 балл за правильный ответ = 4 балла

Итого 20 баллов