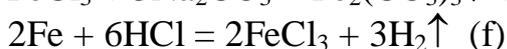


Химическая олимпиада школьников  
Республика Мордовия VIII класс 1988  
Задачи теоретического тура.

1. Исправьте ошибки (если они есть), допущенные школьниками при написании уравнений реакций на одной из олимпиад по химии. В случае ошибочной записи напишите правильное уравнение. Укажите условия протекания реакций:



2. Хлорат калия получают пропусканием хлора через горячий раствор гидроксида калия ( $60^\circ\text{C}$ ) до достижения нейтральной реакции среды. Какой концентрации нужно взять раствор щелочи, чтобы получить хлорат калия с максимальным выходом? Массовая доля солей в насыщенном при  $15^\circ\text{C}$  растворе составляет для хлорида калия 13,41 %, а для хлората калия 0,69 %.

3. Смесь оксида серы (IV) и оксида углерода (IV) объемом 4,68 л, имеющая плотность 2,31 г/л (температура  $19^\circ\text{C}$ , давление 778 мм.рт.ст.) полностью поглощена раствором гидроксида натрия объемом 571,5 мл. (плотность раствора 1,05 г/мл, массовая доля щелочи 2%). Вычислите массовые доли соединений, содержащихся в растворе, полученном после окончания реакции.

VIII класс

Решение задач теоретического тура.

Задача 1.

а) Уравнение написано правильно. Реакция идет при нагревании. Считать так же правильным ответом указание на реакцию разложения аммиака.

б) Уравнение написано неправильно. С разбавленной серной кислотой реакция не идет, а с концентрированной медь реагирует при нагревании с образованием диоксида серы (IV):

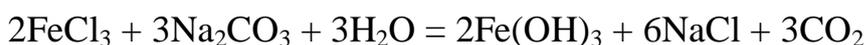


Конц.

в) Для разбавленных растворов написанное уравнение бессмысленно. При сливании же концентрированных растворов реакция идет, так как хлорид натрия выпадает в осадок из-за своей сравнительно низкой растворимости.

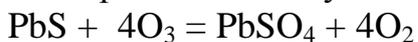
г) Реакция необратима и протекает при повышенной температуре.

д) Уравнение написано неправильно. На самом деле реакция идет следующим образом:



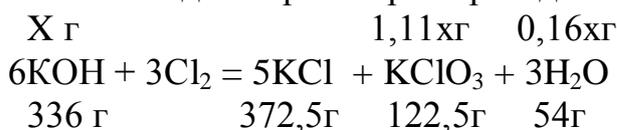
е) Уравнение написано неверно. Трехвалентное железо обладает окислительными свойствами и не может образоваться в восстановительной среде. Реакция идет так:  $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$

ж) Уравнение написано неправильно. При окислении неорганических веществ озон освобождает молекулу  $\text{O}_2$  и используется только один атом кислорода из молекулы  $\text{O}_3$ . Правильное уравнение выглядит так:



Задача 2.

Пусть массовая доля щелочи в исходном растворе составляет  $x\%$ . Тогда для 100 г. исходного раствора справедливо следующее:



Общая масса раствора после реакции (без учета испарения воды)

$$m_{\text{р-ра}} = 100 - x + 1,11x + 0,365x + 0,16x = 100 + 0,635x$$

Массовая доля солей в растворе после реакции составляет соответственно:

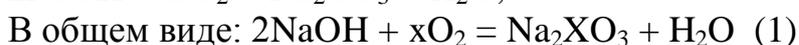
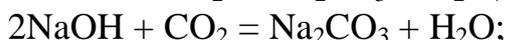
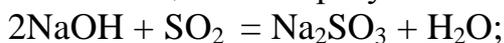
$$\omega_{\text{KCl}} = \frac{1,11x}{100+0,635x} \cdot 100\% \quad ; \quad \omega_{\text{KClO}_3} = \frac{0,365x}{100+0,635x} \cdot 100\%$$

При оптимальной концентрации щелочи должно получиться столько хлорида калия, чтобы при последующем охлаждении раствор стал бы насыщенным по отношению к этой соли. Следовательно, массовая доля хлорида калия должна быть 13,41%. Таким образом,

$$13,41\% = \frac{1,11x}{100 + 0,635x} \cdot 100\%, \quad x = 13,8\%.$$

Задача 3.

При пропускании смеси оксида серы (IV) и оксида углерода (IV) в случае избытка щелочи образуется смесь средних солей:

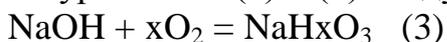


Из уравнения следует  $y\text{NaOH} : y\text{XO}_2 > 2:1$

При избытке кислотных оксидов в растворе начинается образование кислых солей:



Из уравнения (1) и (2) следует формальное суммарное уравнение процесса:



В этом случае  $1:1 < y\text{NaOH} : \text{xO}_2 < 2 : 1$

Для проведения реакций взято  $571,5 \cdot 1,05 = 600$  г раствора, содержащего 600 г  $0,02 = 12$  г гидроксида натрия, что составляет 0,3 моль 1 моль газов при  $19^\circ\text{C}$  ( $29 \quad \quad \quad 2 \text{ K}$ ) и давлении 778 мм рт.ст. занимает объем

$$22,4 \cdot 292 \cdot 760$$

$$V = \text{-----} = 23,4 \text{ л.}$$

$$273 \quad 778$$

Следовательно, через раствор было пропущено

4,68л

$$\text{-----} \text{ ----} = 0,2 \text{ моль смеси}$$

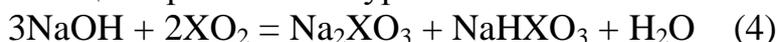
23,4л/моль

Таким образом, мольное соотношение щелочи и газа составляет

$$y\text{NaOH} : \text{xO}_2 = 0,3 : 0,2 = 1,5 : 1$$

И, следовательно, в растворе образуется смесь средних и кислых солей.

Реакция протекает по уравнению:



0,2 моль смеси газов содержит X моль  $\text{CO}_2$  ( $M = 44$ ) и моль  $\text{SO}_2$  ( $M = 64$ ).

Ее масса составляет  $2,31 \text{ г/л} \cdot 4,68 \text{ л} = 10,8$ . Из системы уравнений:

$$X + Y = 0,2$$

$$44x + 64y = 10,8$$

находим  $x = y = 0,1$  моль. На основании соотношения числа молей газов в смеси (1: 1) и уравнения (4) можно предположить, что в растворе сосуществуют 4 соли в равных мольных соотношениях:



Однако, сернистая кислота сильнее угольной (раствор карбоната и даже гидрокарбоната имеет щелочную реакцию, а раствор сульфита-нейтральный) поэтому равновесие (5) практически полностью должно быть смещено вправо, то есть, в растворе будет 0,1 моль или 8,4 г  $\text{NaHCO}_3$  ( $M = 84$ ) и 0,1 моль или 12,6 г  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ( $M = 126$ ). Общая масса раствора составит  $600 - 10,8 = 610,8$  г. Массовые доли растворенных соединений будут равны  $\omega\text{NaHCO}_3 = 8,4/610,8 = 0,014$  или 1,4%;  $\omega\text{Na}_2\text{SO}_3 = 12,6/610,8 = 0,021$  или 2,1%.

*Всероссийская олимпиада школьников по химии III тур Областной*

**2005-2006 год**

*Условия задач*

**ДЕВЯТЫЙ КЛАСС**

**Задача 9-1.**

В газовой смеси содержится метан (СН<sub>4</sub>) (φ = 40%, w = 48,5%), оксид азота (II) (φ = 20%) и некий третий компонент.

1. Установите название третьего компонента газовой смеси.
2. Рассчитайте плотность смеси при н.у.
3. Напишите уравнения реакций, которые могут протекать при нагревании смеси. :
4. Приведите по одному уравнению реакций получения компонентов смеси (среди реагентов не должно быть кислот и простых веществ).

#### Задача 9-2.

Навеску неокрашенной соли массой 1,00 г растворили в воде. К полученному раствору добавили избыток раствора нитрата бария. При этом образовался белый осадок массой 1,94 г, не растворимый в разбавленной азотной кислоте.

1. Какая соль могла быть взята для анализа?
2. Предложите способы однозначного определения' состава этой соли (в форме химических реакций).
3. Предложите способ получения исходной соли (химические реакции).

#### Задача 9-3.

Для элементов X и Y могут быть проведены следующие превращения:

- (1)  $2\text{NaX} + \text{Y}_2 = 2\text{NaY} + \text{X}_2\downarrow$
- (2)  $6\text{NaOH} + 3 \text{Y}_2 = 5\text{NaY} + \text{NaYO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- (3)  $\text{NaXO}_3 + 2\text{NaOH} + \text{Y}_2 = \text{Na}_3\text{H}_2\text{XO}_6 + 2\text{NaY}$
- (4)  $\text{X}_2 + \text{Y}_2 = 2\text{XY}$
- (5)  $\text{X}_2 + 3\text{Y}_2 = 2\text{XY}_3$
- (6)  $\text{NaX} + \text{Y}_2 = \text{NaXY}_2$
- (7)  $\text{NaX} + 2\text{Y}_2 = \text{NaXY}_4$

1. Определите элементы X и Y.
2. Напишите уравнения реакций 1 - 7 с их участием.
3. Напишите уравнение реакции превращения NaXY<sub>4</sub> в водном щелочном (NaOH) растворе.

#### Задача 9-4.

*«Дэви пришел к этой мысли  
сразу же, когда увидел,  
как легко разлагает ток химические тела,  
даже те ничтожные примеси, которые  
случайно находились в гальванической батарее.»*

«Вместо водного раствора Дэви решил взять расплавленную безводную щелочь. В ложку из серебра было насыпано сухое едкое кали. Под нее подставили спиртовую горелку - тот час едкое кали растеклось в ложке огненной жижей. К ложке поднесли один конец от гальванической цепи, а другой опустили в раскаленную щелочь сверху...

Под действием тока расплавленном едком кали происходили юные перемены. В том месте, где платиновая проволочка коснулась щелочи, вырос тонкий язычок необыкновенно красивого розовато-лилового пламени. И, покуда цепь оставалась замкнутой, пламя продолжало гореть; когда же ток выключали, оно моментально исчезало.

Ассистент в недоумении посмотрел на профессора:

- Что это значит?

- Это значит, дорогой Эдмунд, что мы с вами развенчали мнимый элемент. Ток выделил из щелочи какое-то неизвестное вещество, оно-то в сгорало лиловым пламенем... Ио что за вещество и как его уловить, я еще сам не знаю.»

*И. Нечаев. «Рассказы об элементах».*

1. Приведите уравнение реакции, которую мог использовать Дэви для получения едкого кали.
2. Напишите уравнения реакций, происходящих при электролизе расплава едкого кали.
3. Через некоторое время Дэви удалось получить электролизом соответствующий металл - потассиум (potassium) - и исследовать его свойства. Напишите уравнения реакций этого металла с кислородом воздуха, водородом (при нагревании).
4. Напишите примеры реакций едкого кали с металлами, неметаллами, оксидами, основаниями и кислотами (По одному примеру с каждым классом).
5. Очевидно, что хранение потассиума (potassium) представляет определенные трудности. Предложите надежный и безопасный способ хранения этого металла

#### Задача 9-5.

Разбирая старые коробки, на складе был найден пакет, надпись на котором разъело. Удалось прочитать: «...сода».

На приведенной ниже схеме каждое из неизвестных веществ (А - D) заслуживает название «сода». Отметим только, что реакция получения А из NaCl, открытая в 1881 году известным французским физиком О. Ж. Френелем, лежит в основе промышленного способа получения А.



Известно, что С при нагревании теряет 62,9% по массе. А и С содержат в своем составе только Н, С, О и Na. В и D состоят из трех элементов.

1. Расшифруйте неизвестные вещества на схеме, напишите уравнения реакций.
2. Какое слово могло быть разъедено в надписи «...сода»? Предложите не менее двух вариантов.

#### Задача 9-6.

Равные навески порошкообразного алюминия и серы растерли в ступке и нагревали некоторое время в вакуумированной запаянной стеклянной ампуле. Полученное содержимое ампулы вновь аккуратно растерли в ступке

и разделили на две равные части. Одну часть полученного порошка обработали избытком соляной кислоты, при этом выделялся газ и оставался нерастворимый твердый остаток. В избытке 40% раствора гидроксида натрия 2-я часть порошка растворилась полностью; объем выделившегося газа составил 46% от объема газа, выделившегося из раствора кислоты.

1. Определите качественный и количественный состав газов, выделившихся из растворов кислоты и щелочи (объемные %).
2. Определите состав продукта нагревания смеси алюминия и серы в ампуле (массовые %).
3. Напишите уравнения происходивших реакций

*Всероссийская олимпиада школьников по химии III тур Областной*

**Решения**  
**ДЕВЯТЫЙ КЛАСС**

**Задача 9-1.** (Автор-Медведев Ю. Н.).

1. Для удобства расчетов составим таблицу:

Газ	M, г/моль	$\varphi$	V, л (на 100 л смеси)	m (газа), г
CH <sub>4</sub>	16	0,40	40	$40/22,4 \cdot 16 = 28,57$
NO	30	0,20	20	$20/22,4 \cdot 30 = 26,78$
X	x	0,40	40	$40/22,4 \cdot x = 1,79x$

Т.к. известна массовая доля метана в смеси, то

$$\omega(\text{CH}_4) = \frac{28,57}{28,57 + 26,78 + 1,79x} = 0,485,$$

откуда  $x = 2$ .

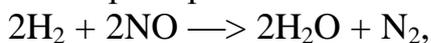
Газом с молярной массой 2 г/моль может быть только водород H<sub>2</sub>.

(Определение третьего компонента смеси - 4 балла).

2.  $\rho = m/V = (28,57 + 26,78 + 1,79 \cdot 2)/100 = 0,589$  г/л.

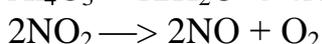
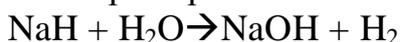
(Расчет плотности - 1 балл).

3. Например:



(Примеры реакций в смеси - 2 балла).

4. Например:



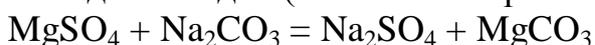
(Правильные примеры реакций получения ~ 3 балла) (Всего за задачу: 4+1+2+3=10 баллов).

**Задача 9-2.** (Автор Жиров А. И.).

1. Белым осадком, образованным нитратом бария и не растворимым в разбавленной кислоте, может быть сульфат (селенат) бария -  $\text{BaSO}_4$  ( $\text{BaSeO}_4$ ). Тогда молярная масса сульфата составляет  $1:1,94 \cdot 233,3 = 120$ . А молярная масса катиона (катионов) составляет  $120-96 = 24$  (это может быть двухзарядный катион магния, а соль –  $\text{MgSO}_4$ , из однозарядных ионов это может быть ион натрия, а соль -  $\text{NaHSO}_4$ ). Для селената бария молярная масса исходной соли составляет 144,5, а молярная масса селенат-иона - 143. Следовательно, исходной солью могли быть либо безводный сульфат магния, либо кислый сульфат натрия. (Определение состава солей 2-2 = 4 балла).

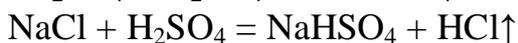
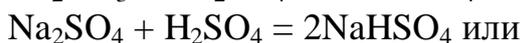
2. Однозначно определить состав исходной соли можно при добавлении к ее раствору раствора карбоната натрия. В случае кислого сульфата натрия с первых капель карбоната выделяется углекислый газ:

$2\text{NaHSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ , а в случае сульфата магния выпадает осадок (основного карбоната магния):



(Два примера реакций отличающих эти соли 2-2 - 4 балла. Возможны другие варианты реакций для отличия солей).

3. Кислый сульфат натрия может быть получен из других натриевых, солей (карбоната, хлорида или среднего сульфата) с избытком серной кислоты: ,



(взаимодействие сухой соли с концентрированной серной кислотой при нагревании). Для выделения твердой безводной соли получешше растворы необходимо концентрировать упариванием, кристаллизовать гидрат из раствора и обезвоживать его при нагревании).

Сульфат магния можно получить при взаимодействии оксида или карбоната магния с серной кислотой:

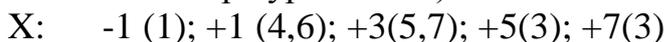


Полученные растворы также придется концентрировать упариванием, кристаллизовать гидраты и обезвоживать их при нагревании.

(Два примера получения этих солей 21 = 2 балла) (Всего за задачу 4+4+2 = 10 баллов).

### Задача 9-3. (Автор - Жиров А. И.)

1. Из состава веществ, участвующих (образующихся) в реакциях, можно определить степени окисления, характерные для данных элементов (в скобках номера уравнений):



Простые вещества для X и Y - двухатомные молекулы. Этот набор степеней окисления характерен для галогенов (кроме фтора), причем Y - более электроотрицательный элемент, чем X. Тогда X- иод, что согласуется с составом соединения в уравнении (3), а Y - хлор, что согласуется с составом соединений в уравнениях (5,7).

2.

- (1)  $2\text{NaI} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{I}_2\downarrow$
- (2)  $6\text{NaOH} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- (3)  $\text{NaIO}_3 + 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 = \text{Na}_3\text{H}_2\text{IO}_6 + 2\text{NaCl}$
- (4)  $\text{I}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{ICl}$
- (5)  $\text{I}_2 + 3\text{Cl}_2 = 2\text{ICl}_3$
- (6)  $\text{NaI} + \text{Cl}_2 = \text{NaICl}_2$
- (7)  $\text{NaI} + 2\text{Cl}_2 = \text{NaICl}_4$

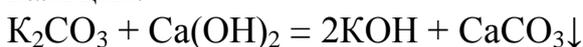
3.



За определение иода и хлора - 2 балла, за каждое верное уравнение - по одному баллу; всего 10 баллов. Если вместо хлора предложен бром, то это не соответствует уравнениям (5, 7); общая сумма максимально - 7 баллов).

Задача 9-4. (Автор - Новиков Ф. Н.).

1. Для получения раствора едкого кали (гидроксида калия) обычно использовалась обменная реакция карбоната калия (поташа) с гидроксидом кальция:



Полученный раствор упаривался при повышении температуры до образования расплава, который застывал при комнатной температуре.

$$T_{\text{пл}}(\text{KOH}\cdot\text{H}_2\text{O}) = 140^\circ\text{C},$$

$$T_{\text{пл}}(\text{KOH}) = 360^\circ\text{C}$$

(Реакция получения - 1 балл)

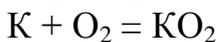
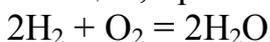
2. Реакции, которые происходили при электролизе расплава гидроксида калия:

$$2\text{KOH} = 2\text{K} + \text{H}_2 + \text{O}_2$$

(Реакция: 1 балл)

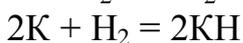
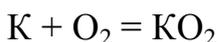
На катоде происходит восстановление калия и водорода, а на аноде - окисление кислорода. При температуре расплава KOH (около 400 °С) пары образующего металлического калия уносятся выделяющимся водородом и вместе с ним сгорают, окрашивая пламя водорода в красно-лиловый цвет.

Реакции, происходящие у катода:



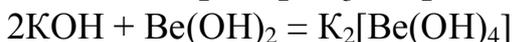
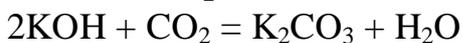
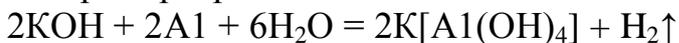
(Реакции по 0,5 баллов: 2·0,5 = 1 балл).

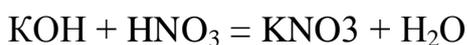
3.



(Реакции по 0,5баллов: 2·0,5 = 1 балл)

4. Примеры реакций:





(Примеры реакций с каждым классом соединений по 1 баллу: 5-1=5 баллов)

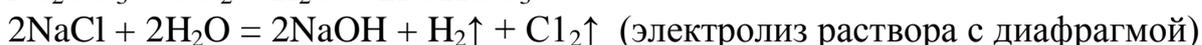
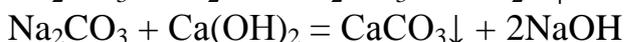
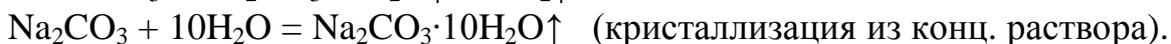
5. Для защиты калия от действия кислорода воздуха, паров воды калий хранят под слоем углеводородов (керосина). (1 балл)

(Всего за задачу 10 баллов).

**Задача 9-5. (Автор Серяков С. А.).**

1. Поскольку А состоит из четырех упомянутых элементов и получается при избытке  $\text{CO}_2$ , вероятнее всего, что это гидрокарбонат натрия –  $\text{NaHCO}_3$ . Термическое разложение последнего приводит только к одному соединению, состоящему из трех элементов –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (В). Вещество С – кристаллогидрат В, судя по тому, что вода не вступает в химическое взаимодействие с  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с образованием твердых продуктов. Исходя из этого предположения, можно рассчитать значение n в  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  по потере массы в ходе термического разложения С:

$n = [\text{M}(\text{Na}_2\text{CO}_3)/18]/[100\%/w(\%)-1] \approx 10$ . С –  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . D не содержит кальций, т.к. из образовавшегося после обработки углекислым газом раствора кристаллизуется только С. Так как D содержит три элемента, то в результате реакции обмена мог образоваться только NaOH. Уравнения реакций:



(По 1 баллу за уравнение реакции: 8-1 = 8 баллов)

2. Это могла быть питьевая (пищевая) сода ( $\text{NaHCO}_3$ ), кальцинированная сода каустическая сода ( $\text{NaOH}$ ), кристаллическая сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ).

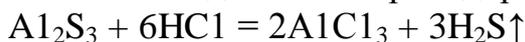
(По 1 баллу за название 2-1-2 балла)

(Всего за задачу 8 + 2 = 10 баллов).

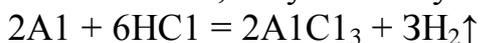
**Задача 9-6. (Автор - Серяков С. А.).**

При нагревании алюминия и серы образуется сульфид алюминия:

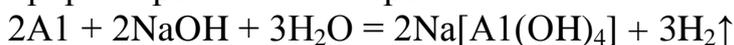
$2\text{Al} + 3\text{S} = \text{Al}_2\text{S}_3$  При взаимодействии сульфида алюминия с соляной кислотой выделяется сероводород:



Количество сероводорода равно количеству водорода, который бы выделился из алюминия, вступившему в реакцию с серой:



При действии щелочи выделяется водород алюминием, не прореагировавшим с серой:



Сульфид алюминия растворяется без газовой выделения:

$\text{Al}_2\text{S}_3 + 8\text{NaOH} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{Na}_2\text{S}$  Твердый остаток в реакции с кислотой - сера, которая растворяется в щелочном растворе:

вещи



Тогда из кислоты выделяется смесь сероводорода и водорода, содержание водорода в смеси составляет 46% (объемных), сероводорода - 54%, в реакции с раствором щелочи выделяется только водород (100%).

Тогда на  $1:1,5 \cdot 27 = 18$  (г) алюминия в исходной смеси в сульфид алюминия войдет серы  $0,54 \cdot 32 = 17,28$  (г); а после нагревания останется  $18 - 17,28 = 0,72$  (г) серы.

Металлического алюминия останется  $0,46:1,5 \cdot 27 = 8,28$  (г). Таким образом, состав смеси после прокаливании:

A -  $8,28:36 \cdot 100 = 23\%$ ;

S -  $0,72:36 \cdot 100 = 2\%$ ;

$\text{Al}_2\text{S}_3$  -  $27:36 \cdot 100 = 75\%$ .

*6 уравнений реакций - 6 баллов. Форма записи состава соединения алюминия в щелочной среде не оценивается ( $[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})]$ ,  $\text{AlO}_2^-$  и т.д.) Состав газов: из раствора кислоты (качественный состав (0,5 бала) и количественный состав (0,5 балла); водород из раствора щелочи (0,5 балла).  $1+0,5 = 1,5$  балла Состав смеси после прокаливании: качественный состав (1 балл), количественный состав ( $30,5 = 1,5$  балла).  $1+1,5 = 2,5$  балла. Всего за задачу  $6+1,5+2,5 = 10$  баллов.*

### Область 2003-2004 год.

Девятый класс.

«Подобно извести, серная кислота является одним из самых важных материалов для всей химической промышленности.»  
(Г.Ост.»Химическая технология» Л. 1931,стр.62)

#### ЗАДАЧА 1

*«История производства серной кислоты распадается на 4 периода. В первом, начиная с 7 века (Гебер), а может быть и раньше, вплоть до 15, её получали прокаливанием квасца или железного купороса, а во втором – до 1800 г. Её готовили смешиванием серы с прибавкой селитры, для чего, начиная с 1746 г. (впервые в Бирмингеме – в Шотландии), применяли «свинцовые камеры».*

*Около 1793 года открытие Клемана и Дезорма значение введения воздуха для производства, знаменует третий период, протекающий в 19-ом столетии; изобретения Гей-Люссаковской башни(1830), Гловеровой башни(1860) и употреблении вместо серы, как исходного материала, пиритов (в Германии – впервые в Окере в 1859 году.), положили основание современному камерному способу. С 1900 года введение «контактного способа» ознаменовало начало 4-го периода. Первый камерный завод в России был выстроен в 1805 году.»*

1. Напишите уравнение реакции получения серной кислоты при термическом разложении «железного купороса».
2. Рассчитайте максимальную концентрацию серной кислоты, которую можно получить при конденсации продуктов термического разложения «железного купороса» (массовая доля в процентах).
3. Напишите уравнения реакций получения серной кислоты при сжигании серы «с прибавкой селитры».

4. Рассчитайте массу сожженной серы, необходимой для получения 1 т. «камерной кислоты», если содержание кислоты составляет 62% для двух случаев а) сера расходуется только на образование оксида серы(4) и б) сера расходуется и на взаимодействие с нитратом калия, взятого в стехиометрическом количестве. Считайте, что выход по сере составляет 100%.
5. Напишите реакции «сжигания пирита» и получения серной кислоты «контактным способом». Какие вещества могут быть использованы (используются) в качестве «контакта». Рассчитайте массу пирита, необходимого для получения 1 т. «дымящей» (100%) кислоты контактным способом. Определите массу воды, необходимую для её получения.

#### ЗАДАЧА 2

Некоторый металл массой 1,61 г. был растворен в 200 г. 0,55%-ного раствора соляной кислоты. При этом кислота, судя по изменению окраски индикатора, полностью вступила в реакцию. Массовая доля соли в полученном растворе составила 0,87%, а масса сухого безводного остатка после выпаривания раствора равна 3,355 г.

1. Что за металл был растворен в кислоте? Ответ подтвердите расчетом.
2. Какой объем водорода выделился при этом?
3. Каков качественный и количественный состав сухого остатка.

#### ЗАДАЧА 3

Смесь аргона и кислорода (плотность по водороду 17,33) подвергнута действию тихого электрического разряда, после чего её плотность по водороду возросла до 19,47.

1. Что происходит при действии тихого электрического разряда на смесь кислорода с аргоном? Не противоречат ли результаты эксперименты известному факту – инертности аргона?
2. Рассчитайте количественный состав газовой смеси до эксперимента и после.
3. Что может происходить при пропускании получившейся газовой смеси через раствор иодида калия (уравнения реакции)? Меняется ли при этом объем смеси? Меняется ли плотность смеси?

#### ЗАДАЧА 4

Ниже приведена цитата из «Основ химии» Д.И. Менделеева (ГХТИ, 1932г. 11 изд. т.2 с.223):  
*« AA при прокаливании дает BB. То же вещество получается при нагревании металла в хлористоводородной кислоте, причем выделяется водород; но такая реакция происходит только с мелкоизмельченным металлом, на сплошную массу CC хлористоводородная кислота действует слабо, а в присутствии воздуха дает AA. Зеленый раствор AA обесцвечивается посредством CC, причем образуется BB. Прибавляя к полученному раствору воды, выделяют BB. Так действуют соли закисного олова, сернистый газ, фосфорноватистая кислота и тому подобные восстановители. Сплавленная с содой, BB образует кристаллическую DD. Едкий аммиак легко растворяет BB, такие растворы синеют на воздухе».*

1. Расшифруйте, какие вещества скрыты под символами AA, BB, CC, DD.
2. Запишите уравнения всех оговоренных в тексте химических реакций.

#### ЗАДАЧА 5

Перед вами 5 химических реакций с участием соединений А–Е, содержащих серу:

1.  $K_2S + S = A$
  2.  $2A + 6B \rightarrow 5C + 3H_2O$
  3.  $B + H_2O_2 \rightarrow D + H_2O$
  4.  $B + S + KOH \rightarrow C + H_2O$
  5.  $C + 4E + 5H_2O \rightarrow 10D$
1. Установите формулы веществ, обозначенных буквами А–Е
  2. Приведите уравнения реакций промышленного способа получения Е
  3. Почему с течением времени водные растворы В и Е изменяют величину рН? Как именно? Приведите уравнения реакций происходящих процессов.

### ЗАДАЧА 9-6

«Азот образует с кислородом пять определенных соединений. Разложения показали, что

			азота	кислорода
во 100 ч	азотистой окиси	содержится	63,63	36,37
	азотной окиси	=	46,66	53,34
	азотистой к.	=	36,84	63,16
	азотноватой к.	=	30,43	69,57
	азотной к.	=	25,93	74,07

(В.Ренье «Начальные основания химии» СПб, 1852, сто 371)

1. Определите состав этих пяти соединений
2. Напишите современные названия для этих пяти соединений
3. Для «азотной к.» напишите уравнения реакций с а)водным раствором иодида калия, подкисленного серной кислотой, б)с водным раствором перманганата калия, подкисленного серной кислотой.

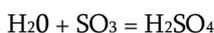
#### *Всероссийская олимпиада школьников по химии*

##### *Областной этап*

##### *Решения заданий*

#### **ЗАДАЧА 9-1. (АВТОР А.И.ЖИРОВ)**

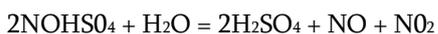
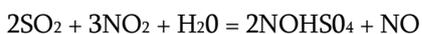
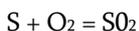
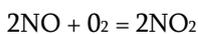
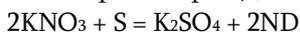
1.



(1 балл)

1. Раствор серной кислоты образуется из 14 моль воды и 1 моль  $\text{SO}_3$ . Общая масса раствора составляет  $18 \times 14 + 80 = 332$  (г). Массовая доля равна  $(98:332) \times 100 = 29,5(\%)$ . (/ балл)

3. Селитра - нитрат (для примера возьмем калийную селитру):

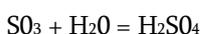
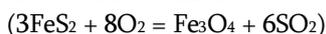
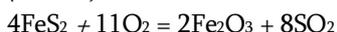


(2 балла)

4.(а) Рассчитаем содержание серы в серной кислоте:  $1000 \times 0,62 \times 32 : 98 = 202,4$  (кг). Столько серы потребуется для получения кислоты, не учитывая серу, которая расходуется на взаимодействие с селитрой (оксиды азота служат катализатором). (1 балл)

(б) Если считать, что все оксиды азота расходуются на одной стадии производства серной кислоты, то дополнительно потребуется еще сера для реакции с нитратом калия. Для окисления  $202,4 : 32 = 6,325$  ( $\times 10^3$  моль) оксида серы (IV) требуется  $6,325 \times 1,5 = 9,4875$  ( $\times 10^3$  моль) оксида азота (IV). Для реакции с нитратом необходимо  $9,4875 : 2 = 4,74375$  ( $\times 10^3$  моль) серы или 151,8 кг серы. Общая масса серы будет равна 354,2 кг.

(1 балл)



(1 балл)

"Контакт" - катализатор: Pt,  $\text{V}_2\text{O}_5$ . (1 балл)

1 т серной кислоты -  $1000 : 98 = 10,2$  ( $\times 10^3$  моль). Воды необходимо  $10,2 \times 18 = 183,7$  (кг). Пирита:  $10,2 : 2 \times 120 = 612$  (кг).

(1 + 1 - 2 балла)

(Всего 10 баллов)

ЗАДАЧА 9-2 (АВТОР Ю. Н. МЕДВЕДЕВ)

1. Масса остатка после выпаривания (3,355 г) значительно больше, чем масса соли в растворе (= 201.0,0087 = 1,75 г). Значит, а растворе был еще какой-то компонент, помимо соли. Например, активный металл прореагировал с кислотой с образованием соли, а избыток металла - с водой с образованием щелочи. Проверим эту версию.



Пусть масса хлорида  $m_1$ , масса гидроксида  $m_2$ ; атомная масса металла  $A$ . Тогда  $m(\text{H}_2) = 1,61/A \cdot n/2 \cdot 2 = 1,61n/A$ . Масса ригора равна  $200 + 1,61 - 1,61 n/A$ . Заметим также, что  $m_1/m(\text{раств}) = 0,0087$  и что  $v(\text{MeCl}_n) = v(\text{HCl})/n = 200 \cdot 0,0055/36,5n$  или  $m_1 - 0,03/n \cdot (A+35,5n)$ . Очевидно также, что  $m_1 = 0,0087 \cdot (201,61 - 1,61n/A)$ .

Приравняв правые части, получив уравнение  $0,03A^2 - 0,685nA + 0,014n^2 = 0$

Для  $n=1$  (одновалентный металл) имеем  $A = 23$  — натрий. Наше предположение об активном металле подтвердилось. (7 баллов)

2.  $V(\text{H}_2) = 1,61/23 \cdot 1/2 \cdot 22,4 = 0,784$  л. (1 балл)

3.  $m(\text{NaCl}) = m_1 = 0,03/1 \cdot (23+35,5 \cdot 1) = 1,755$  г,  $m(\text{NaOH}) = 3,355 - 1,755 = 1,6$  г.

(1 + 1 = 2 балла)

(Всего 10 баллов)

ЗАДАЧА 9-3 (АВТОР Ю.Н.МЕДВЕДЕВ)

1. Дело не в аргоне, а и кислороде - в этих условиях он частично переходит в озон:



(2 балла)

**2. До реакции:**

Пусть на 1 моль аргона приходится  $X$  моль кислорода, тогда  $M_{\text{см}} = (1 \cdot 40 + X \cdot 32)/(1+X) = 34,66$ , откуда  $X =$

2.  $\varphi(\text{Ar}) = 33,3\%$ ,  $\varphi(\text{O}_2) = 66,7\%$ .

(2 балла)

**После реакции:**

На 1 моль аргона приходится  $(2-Y)$  моль кислорода и  $0,667Y$  моль озона, где  $Y$  - количество кислорода, перешедшее в озон. Тогда:

$M_{\text{см}} = [40 + 32(2-Y) + 0,667Y \cdot 48]/[1+(2-Y) + 0,667Y] = 39$ , откуда  $Y = 1$  моль. Итак, состав смеси: 1 моль аргона, 1 моль кислорода, 0,667 моль озона.  $\varphi(\text{Ar}) = 37,5\%$ ,  $\varphi(\text{O}_2) = 37,5\%$ ,  $\varphi(\text{O}_3) = 25,0\%$ .

(3 балла)



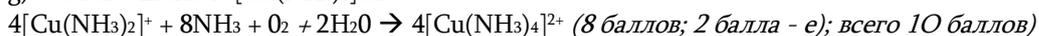
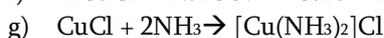
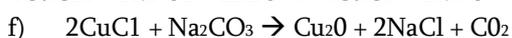
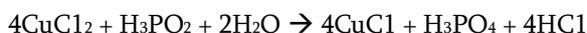
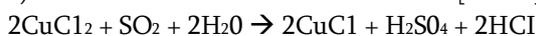
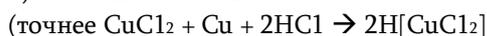
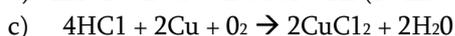
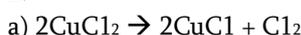
Объем смеси остается неизменным. Плотность смеси уменьшается.

(1 + 1 = 2 балла) (Всего 10 баллов)

ЗАДАЧА. 9-4. (АВТОР Ю.Н.МЕДВЕДЕВ)

1. AA –  $\text{CuCl}_2$  (у Менделеева «двуххлористая медь»), BB –  $\text{CuCl}$  (у Менделеева «одно-хлористая медь»), CC – Cu, DD –  $\text{Cu}_2\text{O}$  (4 х 0,5 - 2 балла)

2.



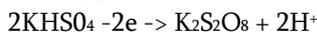
ЗАДАЧА 9-5 (АВТОР Ю.Н.МЕДВЕДЕВ).

1. А -  $K_2S_2$ , В –  $KHSO_3$ , С –  $K_2S_2O_3$ , D -  $KHSO_4$ , E -  $K_2S_2O_8$ .

Подсказкой может быть уравнение 3: D - продукт окисления В, причем D и В отличаются по составу на 1 атом О. Этой парой могут быть, например,  $K_2SO_3$  и  $K_2SO_4$  или  $KHSO_3$  и  $KHSO_4$ . Поскольку в реакции 4 соединение В присоединяет S в щелочной среде, то В - скорее всего  $KHSO_3$ , D -  $KHSO_4$ . Судя по реакции 4, С -  $K_2S_2O_3$ . Из реакции 1 следует, что А -  $K_2S_2$ . И из реакции 5 находим, что E -  $K_2S_2O_8$ .

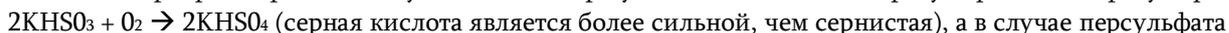
(5 x 1 = 5 баллов)

1. Анодное окисление холодного насыщенного раствора  $KHSO_4$ :

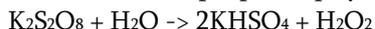


(1 балл)

3. Значение pH раствора В может уменьшаться в результате окисления гидросульфита до гвдросульфата:



калия значение pH раствора уменьшается в результате процесса гидролиза:



(2 x 2 = 4 балла; всего 10 баллов)

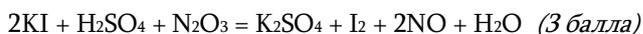
ЗАДАЧА 9-6(АВТОР А.Л.ЖИРОВ)

название старое	азот,%	кисл.,%	N,°/14	O,Vo/16	O : N	формула
азотистая окись	63,63	36,37	4,545	2,273	0,50	$N_2O$
азотная окись	46,66	53,34	3,333	3,33	1	$NO$
азогислая к.	36,84	63,16	2,631	3,948	1,50	$N_2O_3$
азотноватая к.	30,43	69,57	2,174	4,348	2	$NO_2(N_2O_4)$
азотная к.	25,93	74,07	1,552	4,629	2,5	$N_2O_5$

формула	название
$M_2O$	оксид азота (I)
$NO$	оксид азота (II)
$N_2O_3$	оксид азота (III)
$NO_2(N_2O_4)$	оксид азота (IV)
$N_2O_5$	оксид азота (V)

(5 x 0,5= 2.5 балла)

3.



(3 балла; всего 10 баллов)

**РОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ.**

3 этап 1995 год

**9 класс**

**Теоретический тур**

**9.1.**

Восстановите уравнения реакций (подставьте пропущенные вещества в уравнениях с учетом указанных коэффициентов) :



- 2)  $2 \text{CrCl}_3 + 3 \dots + 6 \text{H}_2\text{O} = 2 \dots + 6 \text{NaCl} + 3 \text{H}_2\text{S}$
- 3)  $4 \dots + 2 \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $5 \text{SO}_2 + 2 \dots + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \dots$
- 5)  $\dots + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}_2$
- 6)  $\dots + 5 \text{KI} + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 = 3 \dots + 3 \text{I}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

### 9.2.

Смесь малахита и медной пыли растворили в 80 мл 20%-ной серной кислоты (плотность 1.14 г/мл, кислота взята в избытке). При этом выделилось 0.8 л газа (н.у.).

Во втором эксперименте такое же количество исходной смеси прокалили на воздухе и после охлаждения растворили так же, как и в первом случае. Оба полученных раствора охладили до 0°C. Во втором растворе выпало 11.4 г медного купороса. Растворимость сульфата меди составляет 12.9 г на 100 г воды при 0°C.

- 1) Напишите уравнения реакций, определите массу и состав исходной смеси (W,%).
- 2) Определите массу медного купороса, выпавшего при охлаждении первого раствора.
- 3) Изменится ли количество медного купороса во втором опыте, если прокаливание смеси проводить в атмосфере инертного газа? Ответ поясните.

### 9.3.

В комнате был случайно разбит медицинский термометр.

- 1) Предложите возможные способы удаления разлившейся ртути, используя реактивы, которые могут быть в вашей домашней лаборатории. Приведите необходимые уравнения реакций.
- 2) Рассчитайте во сколько раз концентрация паров ртути превысит предельно допустимую, если вы ничего не предпримите, и ртуть полностью испарится. Предельно допустимая концентрация (ПДК) для ртути составляет 0.01 мг/л, плотность ртути 13.5 г/см<sup>3</sup>, площадь комнаты 12 м<sup>2</sup>, высота 2.5 м.
- 3) Как зависит токсичность ртути от ее химического состояния?

## Экспериментальный тур

Задание.

В шести пробирках находятся растворы нитрата свинца, хлорида аммония, нитрата аммония, сульфата натрия, нитрата бария и иодида калия. Установите содержимое каждой пробирки, используя в качестве реактивов только эти растворы. Напишите уравнения проводимых реакций, укажите какими эффектами они сопровождаются.

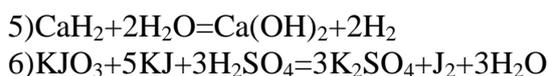
## Решение задач .

9класс.

### Теоретический тур.

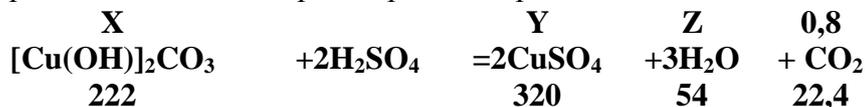
#### Ответ к задаче 9.1

- 1)  $\text{I}_2 + 5 \text{Cl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{HIO}_3 + 10 \text{HCl}$
- 2)  $2 \text{CrCl}_3 + 3 \text{Na}_2\text{S} + 6 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Cr}(\text{OH})_3 + 6 \text{NaCl} + 3 \text{H}_2\text{S}$
- 3)  $4 \text{NO}_3 + 2 \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $5 \text{SO}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4$



### Ответ к задаче 9.2

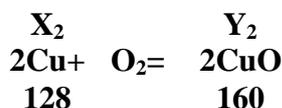
В первом опыте малахит растворяют в серной к-те:



Находим:  $x=7,9$  г;  $y=11,4$  г;  $z=1,9$  г.

Масса малахита - 7,9 г.

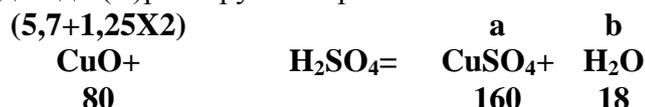
При прокаливании смеси на воздухе медь окисляется до  $\text{CuO}$ , а медь разлагается:



$X_1=5,7$  г;  $Y_2=1,25X_2$ ,  $X_2$ -масса  $\text{Cu}$  в смеси.

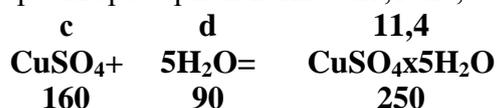
Общая масса  $\text{CuO}$ , полученного при прокаливании:  $5,7+1,25X_2$ .

Оксид меди (II) реагирует с серной к-той:



$a=11,4+2,5X_2$ ;  $b=1,29+0,28X_2$

В растворе серной к-ты  $80 \times 1,14 \times 0,8 = 73$  (г) воды.



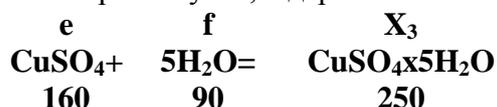
$c=7,3$  г;  $d=4,1$  г.

Масса сульфата меди в растворе после охлаждения  $11,4+2,5X_2 - 7,3 = 4,1+2,5X_2$ .

Масса воды в растворе  $73+1,29+0,28X_2$ -

$4,1=70,2+0,28X_2$ ; тогда  $(4,1+2,5X_2):(70,2+0,28X_2)=0,129$  и  $X_2=2$  г -масса меди в исходной смеси.  $W_{(\text{Cu})}=20,2\%$

В первом эксперименте образовалось 11,4 г  $\text{CuSO}_4$  и 1,9 г воды. В растворе серной к-ты, как и во втором случае, содержится 73 г воды.



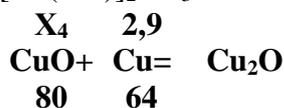
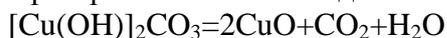
$e=0,64X_3$ ;  $f=0,36X_3$ .

Масса  $\text{CuSO}_4$  в растворе равна  $11,4-e=11,4-0,64X_3$

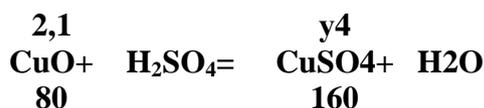
Масса воды в растворе равна  $73+1,9-0,36X_3$ , тогда  $(11,4-0,64X_3):(73+1,9-0,36X_3)=0,129$ ;

$X_3=2,9$  г.

При прокаливании исходной смеси в инертном газе будут протекать реакции:



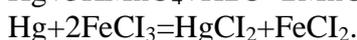
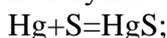
Оксида меди(II) - 5,7 г.  $5,7/2,9 > 80/64$ , таким образом, он в избытке.  $X_4=3,6$  г прореагировало. Осталось 2,1 г. Сульфата меди образуется:



$y_4 = 4,2$  г т.е. весь образовавшийся сульфат меди остался в растворе (73мл. при  $0^\circ\text{C}$ )

### Ответ к задаче 9.3

1) Ртуть может быть собрана с использованием зачищенной медной или другой металлической пластины. Прилипание ртути к металлу связано с образованием амальгамы. После удаления доступной массы ртути, ее остатки могут быть переведены в нелетучие соединения.



2)  $V_{\text{комнаты}} = 30000$  л. Оценка  $V_{\text{ртути}}$  --  $d = 4$  мм,  $l = 10$  мм,  $V = 0.126$  см<sup>3</sup>,  $m = 1,7$  г.

Концентрация паров --  $0,06$  мг/л. Превышение ПДК в 6 раз.

Металлическая ртуть, даже попадая в желудок человека, практически не опасна, т.к. проходит через пищеварительную систему, не участвуя в химических реакциях. Это относится и к большинству соединений ртути (1) из-за низкой растворимости в воде. Пары ртути более токсичны при длительном вдыхании из-за накопления в организме и могут вызвать отравления. Наиболее опасны соединения ртути (2): воздействие на ЦНС, паралич, падение зрения вплоть до слепоты. Из всех форм наиболее опасны органические.

## Теоретический тур краевой олимпиады 2001-2002 уч.г.

### 9 класс

#### Задача 9-1.

“Из средних солей окиси меди наиболее обыкновенная соль есть синий или медный купорос, т.е. средняя серномедная соль. Обыкновенно она содержит 5 паев кристаллизационной воды  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Она образуется при нагревании крепкой серной кислоты с медью, причем отделяется сернистый газ (I). Эта же соль получается в практике через осторожное окисление сернистых руд меди, а также при действии на них воды, содержащей кислород:  $\text{CuS} + \text{O}^4 = \text{CuSO}_4$  (II). Та же соль составляет побочный продукт, получающийся на монетных дворах, когда посредством меди выделяют из сернокислых растворов серебро (III). Ту же соль получают, обливая медные листы слабою серною кислотой в присутствии воздуха (IV) и нагревая окись меди (V) или углемедную соль с серною кислотой (VI). Кристаллы этой соли принадлежат к триклиномерной системе, имеют уд. вес 2,19, красивого синего цвета, и дают раствор такого же цвета. 100 ч. воды растворяют при  $0^\circ$  15, при  $25^\circ$  23, при  $100^\circ$  около 45 ч.  $\text{CuSO}_4$ .” (Д.И. Менделеев “Основы химии”, т. 2, стр. 296-297.)

1. Напишите уравнения реакций I-VI.

2. Рассчитайте, исходя из приведенных данных, сколько граммов воды и медного купороса надо взять для перекристаллизации (растворение при  $100^\circ\text{C}$ , а кристаллизация при  $0^\circ\text{C}$ ), чтобы получить 100 г очищенного препарата.

#### Задача 9-2.

“Когда требуется приготовить водород в большом виде для заполнения аэростатов, употребляют деревянные, внутри обложенные свинцом бочки или медные сосуды, наполняют их железными обрезками и приливают серной кислоты, разбавленной водою, а выделяющийся из многих бочек водород проводят свинцовыми трубками в особые бочки

с водой (чтобы охладить) и с известью (чтобы отделить кислые пары). При помощи замазки из теста или из смолы делают все стыки герметическими, чтобы не было потери газа. Жиффар в 1878 г. для заполнения своего огромного аэростата (25 000 куб. метров емкости) устроил сложный прибор для непрерывного добывания водорода, причем в сосуд, содержащий железо, непрерывно вливалась смесь серной кислоты и воды, а из него постоянно вытекал раствор образовавшегося купороса” .

“Водород, получаемый при действии цинка или железа на серную кислоту, обыкновенно имеет запах сероводородного газа (тухлых яиц), потому что этот последний примешан к нему. ... Нечистота водорода зависит от подмесей, содержащихся в цинке или железе и в серной кислоте, и от второстепенных реакций, идущих наряду с главной. Нечистый водород можно очистить от подмесей...” (Д.И. Менделеев “Основы химии”. Госкомиздат. М.Л. 1932. т. 1, стр. 291.)

1. Напишите уравнение реакции получения водорода.
2. Напишите уравнения реакций образования примесного газа (как от “подмесей”, так “и от второстепенных реакций”).
3. Сколько л серной кислоты (60%, пл. 1.50 г/мл) потребуется для проведения этого процесса?
4. Сколько кг железного купороса можно выделить из “раствора образовавшегося купороса”?
5. Оцените подъемную силу аэростата, считая, что заполнение производилось при нормальных условиях.
6. Для чего служат охлаждение и известь?
7. Приведите химические уравнения получения серной кислоты во второй половине XIX века.
8. Приведите современный дешевый (промышленный) способ получения водорода (уравнение реакции).

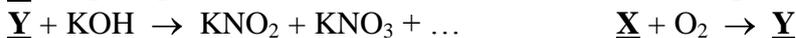
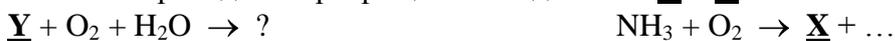
### Задача 9-3.

Газовая смесь, содержащая два галогеноводорода, имеет плотность по водороду, равную 38. Объем этой смеси при н.у. был поглощен равным объемом воды. На нейтрализацию 100 мл образовавшегося раствора было израсходовано 11,2 мл 0,4 М раствора гидроксида натрия.

1. Определите, какие галогеноводороды могли содержаться в данной смеси.
2. Рассчитайте состав газовой смеси в объемных процентах.
3. Предложите способ определения качественного состава газовой смеси.

### Задача 9-4.

На схеме приведены превращения соединений X и Y:



Предложите X и Y и запишите уравнения осуществляемых превращений, учитывая, что на схемах не приведены стехиометрические коэффициенты.

### Задача 9-5.

В лаборатории были обнаружены 5 баночек с утерянными этикетками, содержащие бесцветные кристаллические вещества. Для идентификации веществ были приготовлены насыщенные при комнатной температуре растворы, с которыми был проведен ряд экспериментов.

Полученные результаты приведены в таблице.

Реагент	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>

р-р HCl	↑, без цвета, без запаха	↑, без цвета, без запаха	↑, без цвета, неприятный запах	↑, окрашен, неприятный запах	↑, окрашен, неприятный запах
р-р CaCl <sub>2</sub>	↑, без цвета, без запаха ↓, белый	↓, белый	↓, белый	—	—
р-р KMnO <sub>4</sub>	↑, без цвета, без запаха	↑, без цвета, без запаха	обесцвечивание	обесцвечивание	—
р-р KI (H <sup>+</sup> )	↑, без цвета, без запаха	↑, без цвета, без запаха	—	↓, темный	↓, темный

Примечание: р-р – раствор, ↑ - газы, ↓ - осадок, H<sup>+</sup> - подкисленный раствор.

1. Определите, что могло содержаться в банках (1-5), учитывая, что растворы 1-3 окрашивают пламя газовой горелки в желтый цвет, а растворы 4 и 5 практически не меняют окраски пламени, придавая ему слабый фиолетовый оттенок. Напишите названия веществ.
2. Напишите уравнения реакций, использованных для определения веществ.

Решения:

Решения задач теоретического тура краевой олимпиады 2001-2002 уч.г.

## 9 класс

### Задача 9-1.

1.  $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$  (I)  
 $CuS + 2O_2 + 5H_2O \rightarrow CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (II)  
 $Ag_2SO_4 + Cu \rightarrow CuSO_4 + 2Ag\downarrow$  (III)  
 $2Cu + O_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2CuSO_4 + 2H_2O$  (IV)  
 $CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$  (V)  
 $[Cu(OH)_2]CO_3 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2CuSO_4 + CO_2\uparrow + 3H_2O$  (VI)

(по 1 баллу за уравнение: 6×1 = 6 баллов)

2.  $M(CuSO_4) = 160$  г/моль,  $M(H_2O) = 18$  г/моль,  $M(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 250$  г/моль.  
 Пусть для перекристаллизации необходимо взять  $x$  г  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ .  
 В  $x$  г  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  содержится:  $(160/250)x = 0.64x$  г  $CuSO_4$  и  $0.36x$  (г)  $H_2O$ .  
 При 100°C  
 45 г  $CuSO_4$  растворяется в 100 г  $H_2O$   
 0.64x г  $CuSO_4$  — ? г  $H_2O$   
 Общее количество воды в растворе: ? =

$$64x/45 = 1.42x \text{ г}$$

Для приготовления раствора при 100°C потребуется  $1.42x - 0.36x = 1.06x$  г воды.

При охлаждении до 0°C из раствора кристаллизуется 100 г  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (64 г  $CuSO_4$  и 36 г  $H_2O$ ). В растворе остается  $(0.64x - 64)$  г  $CuSO_4$  и  $(1.42x - 36)$  г  $H_2O$ .

Тогда, учитывая растворимость  $CuSO_4$  при 0°C, получаем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 15 \text{ г } CuSO_4 \text{ — } 100 \text{ г } H_2O \\ (0.64x - 64) \text{ г } CuSO_4 \text{ — } (1.42x - 36) \text{ г } \end{array}$$

$H_2O$

Решая пропорцию, получаем:  $x = 137.2$  г

Тогда воды необходимо взять  $137.2 \cdot 1.06 = 145.4$  г. (4 балла)

### Задача 9-2.

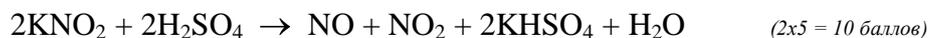
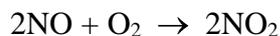
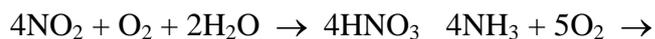
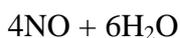
1. Реакция получения водорода:  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$  (1 балл)
2. Примесь в металлическом железе, дающая в реакции с серной разбавленной кислотой - сульфид железа (II):  $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$  (1 балл)  
Параллельно с реакцией образования водорода в реакции разбавленной серной кислоты с металлами образуется сероводород:  
 $4\text{Fe} + 5\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$  (1 балл)
3. Количество полученного водорода составляет  $25 \cdot 10^6 / 22,4 = 1.116 \cdot 10^6$  моль. Для его получения требуется аналогичное количество серной кислоты. Масса серной кислоты составляет  $1.116 \cdot 10^6 \cdot 98 = 1.094 \cdot 10^8$  г =  $1.094 \cdot 10^5$  кг  $\approx 109$  т. (1 балл)  
Объем 60%-ного раствора кислоты составляет  $1.094 \cdot 10^5 / 0.6 / 1.5 = 1.22 \cdot 10^5$  л =  $122$  м<sup>3</sup>. (1 балл)
4. Количество образующегося железного купороса составляет  $1.116 \cdot 10^6$  моль. Масса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  составит  $1.116 \cdot 10^6 \cdot 278 = 3.1 \cdot 10^8$  г =  $3.1 \cdot 10^5$  кг = 310 т. (1 балл)
5. Максимальная подъемная сила аэростата составит  $(29-2) \cdot 1.116 \cdot 10^6 = 3 \cdot 10^7$  г =  $3 \cdot 10^4$  кг = 30 т. (1 балл)
6. Для очистки водорода от водяных паров, брызг кислоты. Известь, кроме того, способна поглощать и примеси (например, сероводород). (1 балл)
7. Основным способом получения серной кислоты в конце XIX века был нитрозный способ (окисление оксида серы (IV) кислородом воздуха в присутствии оксида азота(IV)).  
 $4\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{NOHSO}_4$   $2\text{NOHSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}\uparrow + \text{NO}_2\uparrow$   
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$  (За уравнения (уравнение), передающие суть нитрозного способа: 2 балла)
8. Основной промышленный путь получения водорода в настоящее время - конверсия метана:  $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$  (1 балл)

### Задача 9-3.

1. Масса 22.4 л газовой смеси при н.у. составляет  $38 \cdot 2 = 76$  г. Таким образом, в газовой смеси не могут присутствовать одновременно HBr и HI ( $M(\text{HBr}) = 81$  г/моль,  $M(\text{HI}) = 128$  г/моль).  
Концентрация галогеноводородов в растворе составляет  $(11.2 \cdot 0.4) / 100 = 0.0448$  М. Это значение достаточно хорошо соответствует расчетному значению  $1/22,4 = 0,0446$  моль/л для процесса растворения 1 л газа н.у. в 1 л воды (при условии, что молекулы галогеноводорода мономерны). Таким образом, газовая смесь не содержит фтороводород, который и в газовой фазе находится в виде (HF)<sub>n</sub>, где  $n \leq 6$ . Тогда условиям задачи соответствуют только два варианта смесей: HCl + HBr и HCl + HI. (2x2 = 4 балла)
2. Для смеси HCl + HBr: пусть x моль - количество HCl в 22.4 л смеси (н.у.). Тогда количество HBr составляет (1-x) моль. Масса 22,4 л смеси составляет:  
 $36.5x + 81(1-x) = 76$  г. Отсюда:  $x = 0.112$ ,  $1-x = 0.888$ .  
Состав смеси: HCl – 11.2%; HBr – 88.8%. (2 балла)  
Аналогично для смеси HCl + HI:  $36.5x + 128(1-x) = 76$ ,  $x = 0.562$ .  
Состав смеси: HCl – 56.2%, HI – 43.8%. (2 балла)
3. Так как обе смеси должны содержать хлороводород, то качественно остается только определить, бромоводород или йодоводород присутствует в смеси. Это определение удобнее сделать в форме простых веществ - брома или иода. Для перевода галогеноводородов в простые вещества водный раствор можно окислить хлором:  
 $2\text{HBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl} + \text{Br}_2$   $2\text{HI} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl} + \text{I}_2$   
Полученные растворы галогенов можно отличить по окраске раствора в неполярном растворителе (при экстракции) или по более чувствительной реакции окраски крахмала. (За предложенные корректные способы определения HBr и HI: 2 балла)

### Задача 9-4.

$\underline{X} = \text{NO}$ ,  $\underline{Y} = \text{NO}_2$ .



### Задача 9-5.

1. Окрашивание пламени газовой горелки в желтый цвет свидетельствует о присутствии в соединениях 1-3 атомов натрия, слабый фиолетовый оттенок пламени в случае соединений 4 и 5 – о наличии атомов калия.

Неокрашенный газ без запаха, образующийся при действии кислоты, может быть  $\text{CO}_2$ , тогда вещество 2 - карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а 1 - гидрокарбонат натрия  $\text{NaHCO}_3$ . (1 балл)

Реакция подкисленного раствора перманганата (обесцвечивание) выделяет восстановители, а реакция с подкисленным  $\text{KI}$  - окислители (темный осадок –  $\text{I}_2$ ).

Тогда 3 - восстановитель, 5 - окислитель, а 4 - и окислитель и восстановитель одновременно.

Восстановитель 3, выделяющий при действии кислоты бесцветный газ с неприятным запахом ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), дающий осадок с ионами кальция – сульфит натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . (1 балл)

Окислитель 5, дающий окрашенный газ с неприятным запахом ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ) при действии соляной кислоты, не образующий осадка с ионами кальция может быть хлоратом калия  $\text{KClO}_3$ . (1 балл)

Соединение 4, являющееся восстановителем в реакции с перманганатом и окислителем в реакции с иодидом, выделяющее при подкислении окрашенный газ, не образующее осадка с ионами кальция, может быть нитритом калия  $\text{KNO}_2$ . (1 балл)

