

**Республика Мордовия**  
**Российская олимпиада школьников по химии III этап**  
**1996 г.**

9 класс

Теоретический тур

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

- 1)  $I_2 + 5Cl_2 + 6 \dots = 2HIO_3 + 10 \dots$
- 2)  $2CrCl_3 + 3 \dots + 6H_2O = 2 \dots + 6NaCl + 3H_2S$
- 3)  $4 \dots + 2Ca(OH)_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2 + 2 H_2O$
- 4)  $5SO_2 + 2 \dots + 2H_2O = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 2 \dots$
- 5)  $\dots + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$
- 6)  $\dots + 5KI + 3 H_2SO_4 = 3 \dots + 3I_2 + 3H_2O$

1.2 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 ( $\omega$ , %).
- 2) Определите массу медного купороса, выпавшего при охлаждении первого раствора.
- 3) Изменится ли количество медного купороса, во втором опыте, если прокалывание смеси проводить в атмосфере инертного газа? Ответ поясните.

1.3 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 предпримете, 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?

**Республика Мордовия**  
**Российская олимпиада школьников по химии III этап**  
**1996 г.**

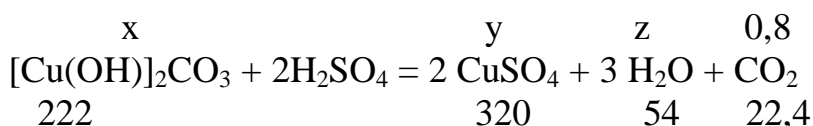
Решение задач

9 класс  
Теоретический тур

9.1.

- $I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$
- $2CrCl_3 + 3Na_2S + 6H_2O = 2Cr(OH)_3 + 6NaCl + 3H_2S$
- $4NO_2 + 2Ca(OH)_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2 + 2H_2O$
- $5SO_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$
- $CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$
- $KIO_3 + 5KI + 3H_2SO_4 = 3K_2SO_4 + 3I_2 + 3H_2O$

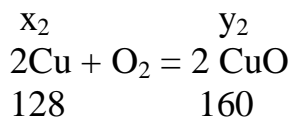
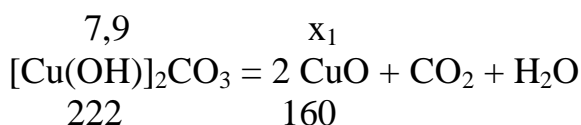
9.2. В первом эксперименте малахит растворяется в серной кислоте:



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

Масса малахита в исходной смеси 7,9 г.

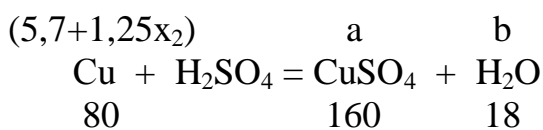
При прокаливании смеси на воздухе медь окисляется до оксида меди (II), а малахит разлагается:



$x_1 = 5,7$  г;  $y_2 = 1,25x_2$ ,  $x_2$  – масса Cu в смеси

Общая масса оксида меди, полученного в результате прокаливании, равна  $5,7 + 1,25x_2$ .

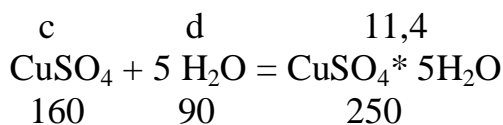
Оксид меди (II) реагирует с серной кислотой:



$a = 11,4 + 2,5x_2$ ;  $b = 1,29 + 0,28x_2$ .

В растворе серной кислоты содержится  $80 \cdot 1,14 \cdot 0,8 = 73$  (г) воды.

При кристаллизации  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$



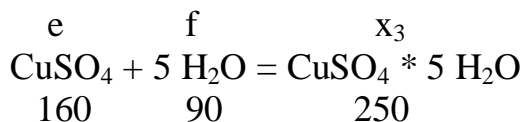
$c = 7,3$  (г);  $d = 4,1$  (г).

Масса сульфата меди в растворе после охлаждения равна

$11,4 + 2,5x_2 - 7,3 = 4,1 + 2,5x_2$

Масса воды в растворе равна  $73 + 1,29 + 0,28x_2 - 4,1 = 70,2 + 0,28x_2$ ; тогда  $(4,1 + 2,5x_2) : (70,2 + 0,28x_2) = 0,129$  и  $x_2 = 4,96 : 2,46 = 2$  (г) – масса меди в исходной смеси.  $\omega_{\text{Cu}} = 2/(2 + 7,9) = 0,202$  (20,2%).

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

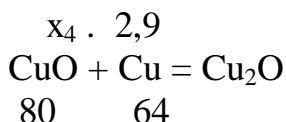
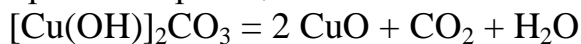


$$e = 0,64x_3; f = 0,36x_3.$$

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  $(11,4 - 0,64x_3) : (74,9 - 0,36x_3) = 0,129$ ;  $0,59x_3 = 1,74$ ;  $x_3 = 2,9$  (г).

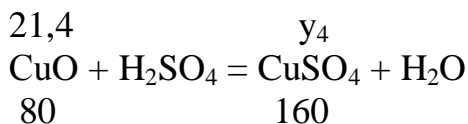
При прокаливании исходной смеси в атмосфере инертного газа будут протекать реакции:



Оксида меди (II) – 5,7 г.  $5,7/2,9 > 80/64$ , таким образом,  $\text{CuO}$  в избытке.

$X_4 = 3,6$  (г) прореагировало. Осталось  $5,7 - 3,6 = 2,1$  (г)  $\text{CuO}$ .

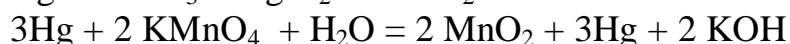
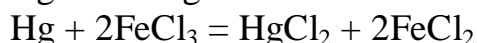
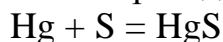
Сульфата меди образуется



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

9.3.

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



- 2) Объем комнаты составляет:  $12 \cdot 2,5 = 30$  ( $\text{m}^3$ ) =  $3 \cdot 10^4$  (л). Оценка объема ртути в медицинском термометре (диаметр – 4 мм, длина – 10 мм)  $0,126 \text{ cm}^3$ , масса ртути 1,7 г.

Концентрация паров ртути  $1,7 \cdot 10^3 / 3 \cdot 10^4 = 0,06$  (мг/л). Превышение ПДК  $0,06/0,01 = 6$  (раз).

Металлическая ртуть, даже попадая в желудок человека, практически не опасна, т.к. проходит через пищеварительную систему человека (1 сутки), не участвуя в химических превращениях в организме. Это относится и к большинству соединений ртути (I) из-за их низкой растворимости в воде. Пары ртути более токсичны при длительном вдыхании из-за накопления в организме и могут вызывать отравления. Наиболее опасную форму ртути представляют соединения ртути (II): воздействие на центральную нервную систему, паралич, падение зрения вплоть до слепоты. Из всех форм наиболее опасны ртутьорганические соединения. При этом токсичность возрастает с увеличением длины С – цепи и уменьшением числа полярных групп, что согласуется со способностью этих веществ проникать через клеточные мембраны.

**Всероссийская олимпиада школьников по химии Третий этап 2004-2005 уч. год**  
**Условия задания**

**ДЕВЯТЫЙ КЛАСС**

**Задача 9-1.**

"113. Реактивная бумага для открытия небольших количеств свободных галоидов (безцветная йодная бумага).

Приготовление. Нагревают до полного растворения и обезцвечивания 1 гр. иода, 7 гр. кристаллической соды, 3 гр. крахмальной муки и 1/4 л. воды; полученный раствор разводят до 1 л. и им пропитывают белую бумагу. Последняя, от малейших следов свободных галоидов, *окрашивается в..... цвет*". (А.И. Коренблит «Химические реактивы, их приготовление, свойства, испытания и употребление», М., 1902, стр.183)

Определите:

1. Концентрацию веществ в растворе, которым пропитывают бумагу (крахмал можно не учитывать).
2. Напишите уравнение реакции, которая протекает при приготовлении реактива.
3. Какую среду имеет раствор, используемый для получения реактива (оцените качественно: нейтральная, кислая или щелочная)? Напишите уравнение реакции, определяющей среду раствора.
4. На примере газообразного галогена напишите уравнение реакции, иллюстрирующей действие индикатора.
5. В какой цвет окрашивается индикаторная бумага?
6. Какие газообразные вещества (кроме галогенов) могут дать аналогичную окраску с индикаторной бумажкой? (Приведите два примера уравнений химических реакций).

**Задача 9-2.**

25 сентября 1791 г. французский химик-технолог Никола Леблан взял патент на "Способ превращения глауберовой соли в соду". Автор так описал технологию получения соды: «Между железными вальцами превращаются в порошок и смешиваются следующие вещества: 100 фунтов обезвоженной глауберовой соли, 100 фунтов очищенного мела из Мелдона, 50 фунтов угля. Смешивание продолжают при нагревании в пламенной печи. Вещество приобретает кашеобразного флюса, пенится и превращается в соду. Образовавшаяся при этом сода отличается более высоким содержанием продукта. Сплав извлекается из печи железными кочергами, после чего помещается для застывания в формы, придающие содовой массе вид блоков... Можно изменять соотношения различных видов сырья, но лишь использование вышеописанных пропорций дает наилучший результат. При этом получается около 150 фунтов соды».

1. Какие «сода» Вы знаете? Приведите их формулы и химические названия.
2. Каково суммарное уравнение процесса в способе Н. Леблана? Рассчитайте выход соды по способу Леблана в процентах от теоретического.
4. Как можно объяснить полученный Вами результат?
5. Какой из карбонатов - натрия или калия - был в XVIII веке более дешевым и почему?
6. Почему раствор соды не рекомендуют кипятить в алюминиевой посуде? В ответе приведите необходимые уравнения реакций.

### Задача 9-3,

Одно из чудес, доступных настоящему мастеру - это изменение внешнего вида металлов. Им можно придать необычный цвет и блеск без применения лаков и красок. Для этого надо всего лишь изменить состояние их поверхности. Предлагаем вам два рецепта «окраски» различных металлов.

«Серебрение любых обезжиренных металлов (разумеется, кроме благородных) проводят в кипящем растворе, содержащем 12 г желтой кровяной соли, 8 г поташа и 0,75 г хлорида серебра в 100 мл воды». Для нанесения достаточно толстого слоя металла, плотно связанного с поверхностью, необходимо 20-30 минут.» «Для "окраски" медных изделий растворяют в 100 мл воды 12,5 г карбоната аммония и добавляют 4 мл нашатырного спирта. Полученный раствор кистью наносят на поверхность изделия и получают поверхность зеленоватого цвета».

(По материалам [www.alhimik.ru](http://www.alhimik.ru))

1. Приведите формулы веществ, используемых в рецептах.
2. Сколько граммов серебра можно нанести на поверхность железа, используя реактивы, в количествах, приведенных в первом рецепте.
3. В какой форме серебро и медь могут находиться в этих водных растворах.
4. Предложите уравнения реакций, протекающих в первом и втором рецептах.
5. Почему во втором рецепте раствор наносится кистью? Что изменится, если опустить медь в закрытый сосуд со смесью карбоната аммония и нашатырного спирта? Приведите уравнения реакций.
6. Можно ли вместо карбоната аммония использовать карбонат калия? Ответ аргументируйте.

### Задача 9-4.

"Chrysler провел презентацию прототипа водородного автомобиля для представителей Пентагона. Необходимый для двигателя водород вырабатывался из щелочи натрия, а проще говоря, мыльного порошка, который был засыпан в бак вместо бензина. По научному топливное вещество называется борогидрат натрия, или просто сода. Она имеется в достатке в природе, в особенности на западном побережье США." (Источник журнал «За рулем»).

1. Предложите возможные способы получения водорода из веществ, упомянутых в журнале. Одним из важнейших источников водорода является метан. Предложите промышленный способ получения водорода из метана. (Уравнения реакций).
2. Водород действительно является очень перспективным топливом, только получить его из соды довольно сложно. Одним из возможных способов получения водорода является электролиз воды. Напишите уравнение реакции электролиза воды.
3. Рассчитайте, сколько моль водорода выделится и сколько киловатт-часов (кВт-ч) энергии будет затрачено на электролиз воды, если сила тока 5А, напряжение 220В за 500 часов: выход по току составляет 50%.

Уравнение горения водорода можно описать следующим термохимическим уравнением.



4. Состав бензина можно приближенно выразить формулой  $\text{C}_9\text{H}_{18}$ . Плотность бензина  $830 \text{ кг/м}^3$ . Теплота, выделяющаяся при сгорании бензина, составляет в среднем  $42 \text{ МДж/кг}$ . Считая КПД для водородного и бензинового двигателя одинаковым, рассчитайте, какое

расстояние сможет пройти машина на баллоне с водородом объемом 50 л (давлении в баллоне 150 атм. (считать 1 атм. = 100000 Па, температура 27°C), если на 100 км тратится 7 л бензина.

#### Задача 9-5.

Соли многих известных Вам неорганических кислот используются в быту и промышленности. Ниже предложен перечень кислот, солей, катионов и применение солей. Ваша задача выписать каждому из названий кислоты (столбец I) название соли этой кислоты (столбец II) и ее применение (столбец III). Каждая строка любого столбца может быть использована Вами не более одного раза.

I	II	III
Название кислоты	Название соли	Катион / Применение
Изоциановая	Персульфат	Na <sup>+</sup> Входит в состав газиров. напитков
Угольная	Гидросульфит	MH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Определение Fe <sup>3+</sup>
Двунадсерная	Фульминат	Ca <sup>2+</sup> Дезинфекция помещений
Хлористая	Роданид	Zn <sup>2+</sup> Восстановитель при крашении тканей
Дитионистая	Бикарбонат	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Сильный окислитель
Хлорноватистая	Карбонат	Na <sup>+</sup> Отбелка бумажной массы
Тиоциановая	Хлорит	Pb <sup>2+</sup> Пигмент красок и лаков
Хлорноватая	Перхлорат	K <sup>+</sup> Входит в состав спичечных головок
Угольная	Хлорат	Mg <sup>2+</sup> Обезвоживание газовых смесей
Хлорная	Гипохлорит	Hg <sup>2+</sup> Иницирующее ВВ

#### Задача 9-6.

##### Средневековый способ получения "сапожного" (зеленого) купороса.

"По четвертому способу купорос получают из содержащих его земель и пород. Такие вещества сначала свозят, собирают в кучи, подвергают в течение пяти или шести месяцев действию весеннего или осеннего дождя, летом - жары, а зимой - мороза, часто перемешивая лопатами, чтобы часть, лежащая внизу, оказывалась сверху. Таким образом, все подвергается действию воздуха и остывает. Затем массу прикрывают и складывают под крышей и оставляют в таком виде на шесть, семь или восемь месяцев. Затем достаточное количество ее загружают в наполненный до половины водой чан. Порода остается в чане до тех пор, пока землистые части не осядут на дно, а растворимые части не будут восприняты водой ... Когда раствор станет прозрачным, его спускают по желобам в четырехугольные свинцовые чрены, в которых варят тех пор, пока вода не перестанет превращаться в пар. После этого в раствор кидают растворяющиеся в нем куски листового железа в таком количестве, сколько требует природа раствора, и продолжают его варить, пока раствор не станет насыщенным, что после остывания из него выделяется купорос. Тогда раствор переливают в чаны, бочки и другие сосуды, в которых на протяжении двух или трех дней он застывает. Выделившийся купорос отделяют, кладут в чрен и нагревают, причем он становится жидким. В расплавленном виде его выливают в формы. ... Таким путем получают чистые и красивые ковриги из купороса ... Содержащие купорос колчеданы, принадлежащие к смешанным горным породам, подвергают обжигу и обрабатывают водой подобно колчеданам, содержащим квасцы. Часто из этих минералов получают одновременно квасцы и купорос." (Г Агрикола «О горном деле и металлургии двенадцать книг.» Базель, 1556. М., изд-во АН СССР, 1962 стр. 525-527).

1. "Купорос получают из содержащих его земель и пород." Какие минералы могут они содержать? (формулы)
2. Какой состав имеет "зеленый купорос", квасцы, если они содержат один и тот же металл?
3. Какие химические процессы протекают с минеральным сырьем при годовичном выерживании его в кучах? (Уравнения химических реакций)
4. Почему процесс "варки" осуществляют именно в свинцовых чренах?

5. Какие химические процессы происходят при растворении листового железа?  
(Уравнения химических реакций)
6. Рассчитайте максимальную массу железа, которая способна растворится в растворе, полученном при обработке 1 т минерала (см. п.1.), считая что все процессы протекают количественно.

## Третий этап

### Решения заданий

#### Всероссийская олимпиада школьников по химии

#### ДЕВЯТЫЙ КЛАСС Задача 9-1. (автор Л.И.Жиров)

1. Количество исходных веществ:

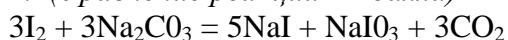
$$v(I_2) = 0,00394 \text{ (моль)}$$

$$v(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0,0245 \text{ (моль)}$$

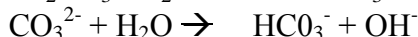


Тогда в 1 л раствора содержится: 0,0066 моль NaI; 0,0013 моль NaIO<sub>3</sub> и 0,0206 моль Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. (Расчет концентрации: 3\*1-3 балла)

2. (Уравнение реакции - 2 балла)

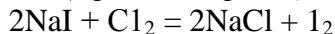


3. В растворе остался избыток карбоната натрия, который будет определять pH раствора:



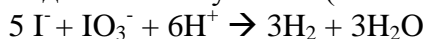
Таким образом, раствор будет щелочным (слабощелочным). (Среда, уравнения реакций - 1 балл)

4. (Уравнение реакции - 1 балл)

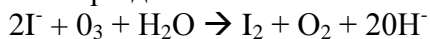


5. Выделившийся иод с крахмалом дает синее окрашивание индикаторной бумажки. (Окраска - 1 балл)

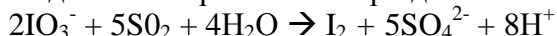
6. Иод может образоваться за счет сопропорционирования иодида и иодата при подкислении бумажки (в начале произойдет нейтрализация избытка карбоната):



Или при действии окислителя (не галогена) на иодид-ион:



Иод может образоваться при действии восстановителя на иодат-ион:

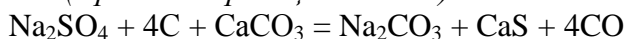


Но восстановление иодата протекает в кислой среде, при этом иод может образоваться по реакции сопропорционирования. (Примеры реакций с окислителем и кислотой 2\*1-2 балла)  
(Всего 10 баллов)

#### Задача 9-2. (автор Ю.Н.Медведев)

1. Кристаллическая (стиральная) - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> \* 10H<sub>2</sub>O, кальцинированная - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, каустическая - NaOH, пищевая (питьевая) - NaHCO<sub>3</sub>. (4\*1-- -4 балла)

2. (Уравнение реакции - 1 балл)



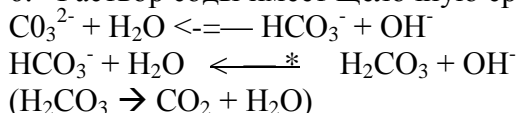
3. Из данных патента следует, что углерод и карбонат кальция, а исходя из 100 фунтов сульфата натрия можно получить  $(100 : 142) \times 106 = 74,6 \text{ ф.}$  карбоната натрия. В таком случае выход составил бы 201%! (1 балл)

4. Ясно, что такого выхода быть не может. Из описания патента следует, что Лебан не очищал соду от второго продукта реакции - от CaS. Подсчитаем, сколько CaS могло получиться исходя из 100 фунтов сульфата натрия:  $m(CaS) = (100 : 142) \times 72 = 50,7 \text{ ф.}$  Следовательно, твердых продуктов реакции получается  $74,6 + 50,7 = 125,3 \text{ фунта.}$  Это все

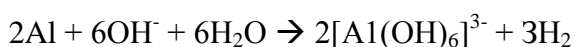
равно меньше, чем указывает Леблан в патенте. Учтем теперь, что не весь карбонат кальция вступает в реакцию, он взят в избытке и этот избыток составил  $100 - (100 : 142) \times 100 = 29,6 \text{ ф.}$  Тогда общая масса сухого остатка прокаливания равна  $74,6 + 50,7 + 29,6 = 154,9 \text{ ф.}$ , что действительно близко к экспериментальному выходу у Леблана (150 фунтов). Небольшая потеря может соответствовать механическим потерям при «извлечении плава из печи железными кочергами». (1 балл)

5. Дешевле был карбонат калия (поташ), который получали из золы растений (зола подсолнечника содержит до 75% поташа). Зола обрабатывали горячей водой и ислЮ)Гъзювали полученный при этом «щелок». (1 балл)

6. Раствор соды имеет щелочную среду в результате протолиза карбонат-ионов:



По мере удаления углекислого газа, равновесие смещается вправо, среда становится все более щелочной. В этих условиях возможно растворение алюминия:



(2 балла: в оценку входит щелочная среда раствора и реакция алюминия в щелочном растворе Форма записи продукта, содержащего алюминий, не оценивается)

(Всего - 10 баллов)

### Задача 9-3. (авторы Ф.Н.Новиков, О.В.Матусевич)

1. Формулы веществ используемых в задаче:

a) Желтая кровяная соль  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  (или  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , обе формулы верны.)

b) Поташ  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (или  $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$ , обе формулы верны.)

c) Хлорид серебра  $\text{AgCl}$ .

d) Карбонат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .

e) Нашатырный спирт  $\text{NH}_4\text{OH}$  (или  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , обе формулы верны.) (4 ж 0,5 = 2 балла)

2. Масса хлорида серебра 0.75 г. Все серебро может перейти в металлическую форму.

Число молей  $\text{AgCl} = 0,75 / (108 + 35,5) = 0,75 / 143,5 = 0,0052$  моль

Тогда масса серебра =  $0,0052 \times 108 = 0,56$  г.

(1 баг);

3. Серебро и медь присутствует в растворе в виде комплексных соединений (конкретные примеры см. п.4). (1 балл)

4.  $\text{AgCl}$  растворяется только в случае образования комплекса серебра, например,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  В данном случае  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ . (Возможны составы комплексов  $[\text{Ag}(\text{CN})_x]^{1-x} = 3,4$ )

Тогда реакции, протекающие в растворе:

a)  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 = 4\text{K}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$

b) Полностью нерастворимых веществ не бывает, поэтому в очень малой степени, но протекает реакция  $\text{AgCl} = \text{Ag}^+_{\text{р}} + \text{Cl}^-_{\text{р,р}}$

c) В растворе образуется цианидный комплекс серебра:

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + 3\text{Ag}^+ = 3[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- + \text{Fe}^{2+}$  и равновесие в реакции b) смещается вправо,

d) Далее идет реакция с металлической поверхностью:  $2[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- + \text{M} \rightarrow \text{M}^{2+} + 2\text{Ag} + 4\text{CN}^-$

(Вместо буквы М может быть написан конкретный металл.)

e)  $\text{Fe}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{FeCO}_3$  (в осадок).

На поверхности образуется основной карбонат меди  $[\text{Cu}(\text{OH})]_2\text{CO}_3$  (или  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ) Очевидно, медь также присутствует в виде комплекса с аммиаком  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

a) На поверхности металла всегда присутствует оксид, который в очень малой степени, но переходит в гидроксид. Далее:

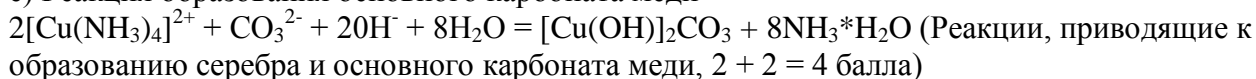
b) Реакция образования комплекса  $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

c) Дальнейшее растворение меди  $\text{Cu} + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$

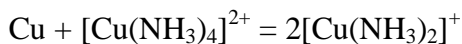
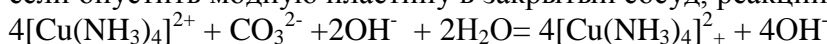
d) Окисление меди (I) до меди (II)  $4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 = 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{OH}^-$



е) Реакция образования основного карбоната меди



5. Кистью наносится тонкий слой раствора, что ускоряет процесс окисления В том случае, если опустить модную пластину в закрытый сосуд, реакции:



не пойдут, т.к. не будет кислорода. Т.е. основной карбонат практически не образуется. (1 балл)

6. Замена карбоната аммония на карбонат калия принципиально ничего не изменит. Т.к. в растворе все равно будет присутствовать аммиак и карбонат анионы. (1 балл)

(Всего -10 баллов)

#### Задача 9-4. (авторы Ф.Н. Новиков, О.В. Матусевич)

1. Из веществ, предложенных в задаче, водород можно получить только из натриевой щелочи, например:  $2\text{NaOH} + 2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$  (1 балл, форма записи гидроксиалюмината не оценивается)

Водород из метана получают по реакции  $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$  (1 балл)

2. Уравнение электролиза  $2\text{H}_2\text{O}_{\text{ж.}} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$  (1 балл)

3 Сначала, рассчитаем работу тока  $A = I \cdot U \cdot t = 5 \times 220 \times 500 = 550$  (кВт\*ч), что составляет  $550 \times 60 \times 60 = 1980000$  (кДж). Т.к. КПД 50% то  $A = 990000$  кДж. По уравнению реакции на образование 2 молей жидкой воды уходит  $490,3 + (2 \times 18 \times 2,26) = 571,66$  кДж, тогда на получение 2 молей водорода потребуется 571,66 кДж. Количество водорода составит  $2 \times (990000 / 571,66) = 3463,6$  (моль). (4 балла)

4. Т.к на 100 км тратится 7 литров бензина, то на 100 км расходуется  $(7 \times 830 / 1000) = 5,81$  кг бензина. Теплота, выделяемая при сгорании этого количества бензина, равна  $5,81 \times 42 = 244$  (МДж).

Теперь посчитаем теплоту, выделяющуюся при сгорании водорода из бака. Считая водород идеальным газом, его количество в баллоне составляет:  $p \cdot V / (RT) = 15 \text{ МПа} \cdot 0,05 \text{ м}^3 / (8,31 \times 300) = 301$  (моль).

Т.к. при сгорании 2 моль водорода выделится 490,3 кДж то при сгорании 300 - 73,8 мДж. Тогда расстояние, которое сможет пройти машина, составит  $73,8 / 244 \times 100 = 30$  (км). (3 балла)  
(Всего -10 баллов)

#### Задача 9-5. (автор С.А. Серяков)

I	II	III
Название кислоты	Название соли	Катион / Применение
Хлорноватая	Хлорат	$\text{K}^+$ Входит в состав спичечных головок
Хлористая	Хлорит	$\text{Na}^+$ Отбелка бумажной массы
Изоциановая	Фульминат	$\text{Hg}^{2+}$ Иницирующее ВВ
Хлорноватистая	Гипохлорит	$\text{Ca}^{2+}$ Дезинфекция помещений
Хлорная	Перхлорат	$\text{Mg}^{2+}$ Обезвоживание газовых смесей
Тиоциановая	Роданид	$\text{NH}_4^+$ Определение $\text{Fe}^{J*}$
Двунадсерная	Персульфат	$\text{NH}_4^+$ Сильный окислитель
Дитионистая	Гидросульфит	$\text{Zn}^{2+}$ Восстановитель при крашении тканей
Угольная	Карбонат	$\text{Pb}^{2+}$ Пигмент красок и лаков
Угольная	Бикарбонат	$\text{Na}^+$ Входит в состав газиров. напитков

(По 0.5 \* 2 балла за любую правильно определенную пару соответствия .Всего -10 баллов).

#### Задача 9-6. (автор А.И.Жиров)

1. Пирит, железный колчедан:  $\text{FeS}_2$ . (1 балл)

2.  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . (1 x 2 - 2 балла)

3. Процессы окисления пирита кислородом воздуха:  
 $2\text{FeS}_2 + 7\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$  -Дальнейшее окисление сульфата железа (II) кислородом воздуха:



При наличии в исходных породах калия из полученного раствора могут кристаллизоваться квасцы  $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . (2 балла)

4. Образующийся раствор содержит серную кислоту. Сульфат свинца малорастворим, поэтому свинец (в отличие от других доступных в те времена металлов и сплавов) устойчив к действию серной кислоты даже при нагревании. (1 балл)

5. Растворение металлического железа может происходить как за счет восстановления железа (III) до железа (II), так и за счет взаимодействия с раствором серной кислоты: (2 балла)

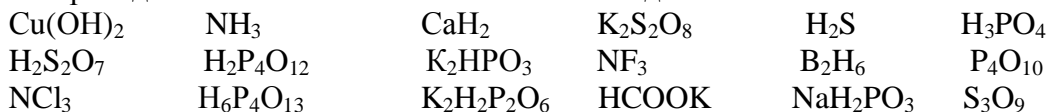
6. Независимо от того, насколько был окислен сульфат железа (II), на 1 моль исходного  $\text{FeS}_2$  образуется 2 моль  $\text{FeSO}_4$  и растворится 1 моль металлического железа. Тогда на 1 т исходного пирита может раствориться  $56:120 = 0,47$  (т) металлического железа. (2 балла) (Всего -10 баллов)

Всероссийская олимпиада школьников по химии 2002-2003 год  
Областной тур  
Условия заданий

## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

### ЗАДАЧА 9-1

Из приведенного ниже списка химических соединений:

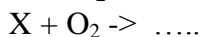
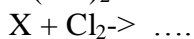
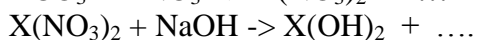
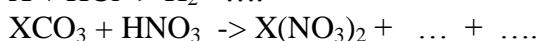
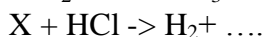
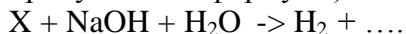


выпишите отдельно формулы:

1. гидроксидов
2. кислых солей
3. гидридов
4. ангидридов
5. соединений, имеющих циклическое строение
6. соединений со связью "элемент - элемент" (однотипный элемент)
7. соединений с мостиковым строение "элемент - кислород - элемент"
8. приведите структурные (графические) формулы всех фосфор- и серусодержащих соединений.

### ЗАДАЧА 9-2.

X - символ элемента. Определите X и напишите уравнения реакций, отвечающие следующей схеме (коэффициенты на схеме не приведены, точками обозначены пропущенные формулы)



### ЗАДАЧА 9-3.

Надпись на пакете с минеральными удобрениями гласит

*"Калий сернокислый (сульфат калия) Утверждено Председателем Госхимкомиссии РФ  
ТУ 2184-093-43499406-2001*

*Содержание калия не менее 50% 1 сорт*

*Рекомендации по применению: Калий сернокислый (сульфат калия) – калийное удобрение, применяемое под все сельскохозяйственные культуры на всех почвах под основную обработку почвы весной или осенью и для подкормки растений.*

*Срок годности неограничен Гарантийный срок хранения 12мес'*

*Производитель: ОАО «Волховский алюминий» Ленинградская область.*

*(Цена 24 руб. за 2 кг)*

1. "Содержание калия не менее 50% 1 сорт». Каково содержание калия в сульфате калия?
2. Какое соединение калия (из реально используемых в качестве калийных удобрений) могло бы быть в смеси с сульфатом, чтобы содержание калия в удобрении было не менее 50%? Рассчитайте состав этой смеси (в весовых %).
3. Как корректно на Ваш взгляд должна была выглядеть надпись о содержании калия в удобрении?
4. Из какого природного сырья может производиться сульфат калия на Волховском алюминиевом заводе?

### ЗАДАЧА 9-4.

В книге «Курс элементарной общей химик» Уроки, читанные в центральной школе искусств и мануфактур Огюстом Кагуром Химия неорганическая под. Ред. Д.Б. Аверкиева. С.-Пб. Издание товарищества «Общественная польза» 1863. приводится способ получения дистиллированной воды и качественные реакции, используемые для определения ее чистоты.

*"Нужно отбросить первые части перегнанной воды и остановить производство, когда перейдет три четверти жидкости. При выпаривании в фарфоровой чашечке, она не должна оставлять никакого остатка; не должна производить никакого осадка и никакой муты:*

*1-е. От действия щавелевокислого аммиака, который служит к распознаванию присутствия извести.*

*2-е. От действия сернистоводородной кислоты или лучше сернистоводородного аммиака, который осаждает металлические соли*

*3-е. От действия азотнокислого барита, который своей мутью обозначил бы присутствие самого слабого следа серной кислоты.*

*4-е От действия алкогольного настоя кампешного дерева, который из желто-красного делается фиолетовым от малейших следов аммиака или углекислого аммиака.*

*5-е. От действия азотнокислой окиси серебра, которая дает самый обильный осадок, когда в ней находится хотя самое малое количество .... соединения или...кислоты,*

*Присутствие этой последней кислоты, спрочем довольно редко, зависит от того, что некоторые естественные воды иногда содержат ..... магнезий, очень непостоянную соль, которая при сгущении разлагается на магнезию и .... Кислоту. От нея легко можно освободиться, потому-что достаточно положить в перегонный куб немного извести, которая через двойное разложение образует ююю кальций и магнезию, тела, не изменяющиеся от одновременного влияния теплоты и воды. Кроме того эта известь произведет другое полезное действие – удержит углекислоту, которую вода часто содержит в растворе (**Сохранена орфография автора**).*

1. Напишите уравнение реакции в ионной форме для п. 1 (Щавелевая кислота –  $H_2C_2O_4$ )

2. Два примера уравнений реакций для п.2 в ионной форме.

3. Уравнение реакции п.3

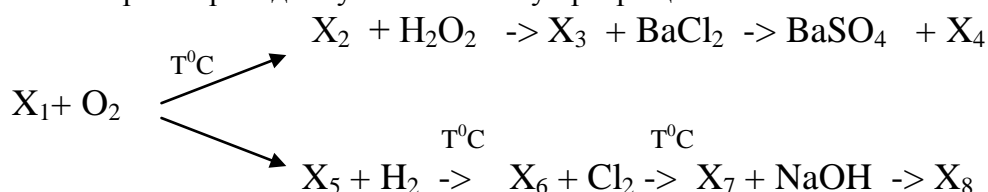
4. Чем является «алкогольный настой кампешного дерева» (п.4) в современных химических терминах.

5. Определение каких соединений и какой кислоты проводится в п.5. Напишите уравнение реакции.

6. Какой магний мог содержаться в "естественных водах"? Напишите уравнение реакции "двойного разложения".

### ЗАДАЧА 9-5.

Рассмотрите приведенную **ниже** схему превращений:



Вещество	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
Агрегатное состояние	тв.	газ	Жид.	Жид (р-р)	тв	тв	тв	Тв
окраска	золотист	Б.ц.	Б.ц.	Б.ц.	бурая	серая	бурая	бурая

1. Определите состав соединения X<sub>1</sub> – X<sub>8</sub>, если соотношение масс продуктов BaSO<sub>4</sub>/X<sub>6</sub> составляет - 8,4 (при 100%-вом выходе).
2. Напишите уравнения реакций, приведенные на схеме.

### ЗАДАЧА 9-6

В 2002 году исполнилось 225 лет со дня рождения Луи Жак Тенара (4.V. 1777 - 20.VI 1857) президента Парижской АН, иностранного почетного члена Петербургской АН (с 1826). Он открыл пероксид водорода, амид натрия (1818), установил каталитическое действие твердых тел на разложение пероксида водорода (1818 - 1824). Синтезировал ярко-синий керамический краситель, получивший название Тенарова синь. Его именем назван один из минералов - тенардит.

*«Перекись водорода. Пай = 17 или 212,5*

*§79 Это весьма замечательное тело, открытое Тенаром в !!! г. Может быть рассматриваемо как тип целого класса весьма интересных соединений; состав его выражается формулой НО<sub>2</sub>. Оно, 2как видно, содержит на то же количество водорода в два раза больше кислорода, чем вода.*

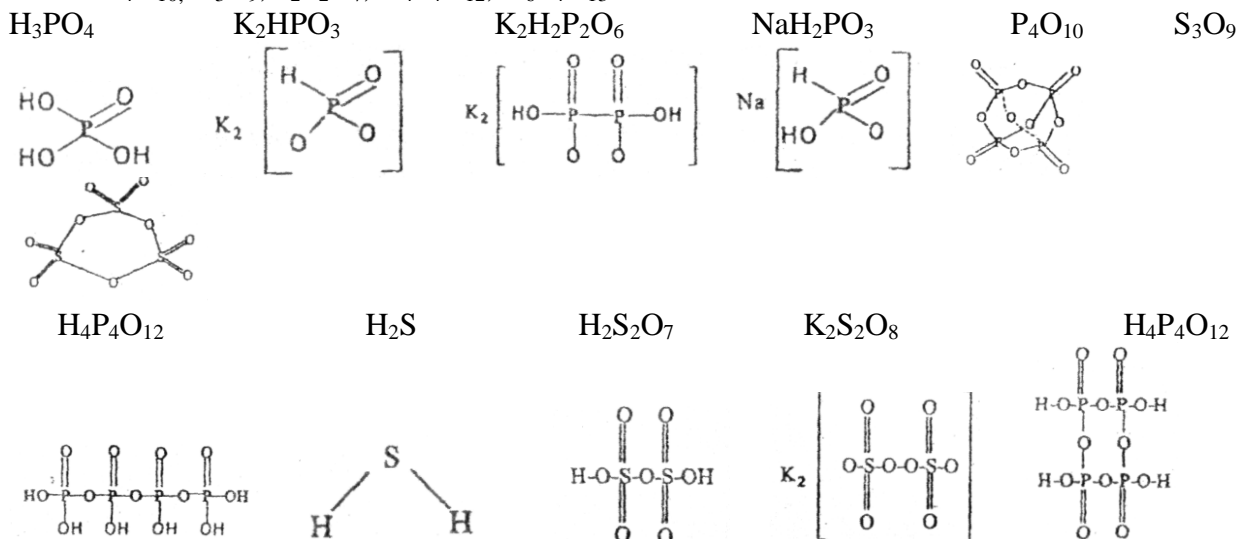
*В чистом состоянии; перекись водорода жидка при обыкновенной температуре, бесцветна и совершенно без запаха; слегка сирописта; обладает весьма значительным металлическим вкусом и производит обильное слюнотечение. Плотность ее равна 1,452» («Курс элементарной общей химии» Уроки, читанные в центральной школе искусств и мануфактур Огюстом Кагуром. Химия неорганическая под ред. Д.В.Аверкина С-Пб. Издание товарищества «Общественная польза» 1863 Стр 62 Орфография автора сохранена*

1. Каков состав пероксида водорода (по современным данным)
2. Что может означать "Пай =17 вли 212,5"? Каковы единицы (размерность этих цифр)?
3. Напишите уравнение реакции каталитического разложения пероксида водорода. Какие твердые катализаторы могут быть использованы для разложения (два примера).
4. Во сколько раз изменяется объем продуктов реакции по сравнению с объемом исходного пероксида водорода ? (При нормальных условиях).
5. Определите тепловой эффект реакции разложения пероксида водорода, если теплота образования пероксида водорода составляет 187,8 кДж/моль, а теплота образования воды равна 285,8 кДж/моль.

Решения заданий:

**ЗАДАЧА 9-1** (автор Медведев Ю.Н.)

1.  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_4\text{P}_4\text{O}_{12}$ ,  $\text{H}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$ ,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$
2.  $\text{NaH}_2\text{PO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$
3.  $\text{CaH}_2$ ,  $\text{B}_2\text{H}_6$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$
4.  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ,  $\text{S}_3\text{O}_9$
5.  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ,  $\text{S}_3\text{O}_9$ ,  $\text{H}_4\text{P}_4\text{O}_{12}$
6.  $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6$ ,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$
7.  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ,  $\text{S}_3\text{O}_9$ ,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ,  $\text{H}_4\text{P}_4\text{O}_{12}$ ,  $\text{H}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$



#### ЗАДАЧА 9-2 (автор Жиров А.И.)

Простое вещество (X) реагирует с водным раствором кислот и щелочей с выделением водорода (амфотерный металл). В водных растворах образует нерастворимый карбонат, основная степень окисления +2. Таким металлом может быть цинк

#### ЗАДАЧА 9-3 (автор Жиров А.И.)

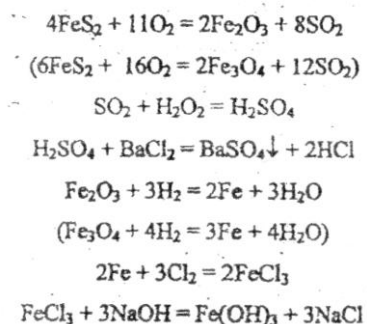
1. Содержание калия в  $\text{K}_2\text{SO}_4$  составляет  $2 \cdot 39 / (2 \cdot 39 + 96) = 0,448$  (явно меньше 0,50)
2. Таким соединением может быть хлорид калия (содержание калия 52,38%) тогда состав смеси, содержащей 50% калия будет:  $x \cdot 0,448 + (1-x) \cdot 0,5238 = 0,5$   $x = 0,314$   
Состав смеси: не более 31,4% сульфата калия и не менее 68,6% хлорида. Если в качестве примеси использовать карбонат калия (поташ), содержащий 56,5% калия, то состав смеси, содержащей 50% калия будет  $x \cdot 0,448 + (1-x) \cdot 0,565 = 0,5$   
 $x = 0,556$  Состав смеси: не более 55,6% сульфата и не менее 44,4% карбоната
3. Содержание  $\text{K}_2\text{O}$  не менее 50% (в сульфате калия содержание оксида составляет 54%)
4. Таким сырьем может быть минерал, содержащий одновременно калий, алюминий и сульфат. Например- алунит  $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$

#### ЗАДАЧА 9-4 (автор Жиров А.И.)

1.  $\text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \text{CaC}_2\text{O}_4$
2.  $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{Cu}_2\text{S} + 2\text{H}^+$      $\text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{FeS}$
3.  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4$
4. Индикатор (кислотно-основной: фиолетовый в щелочной среде)
5. Хлоридов, соляной (хлороводородной) кислоты  $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} = \text{AgCl} + \text{HNO}_3$
6. Хлорид магния  $\text{MgCl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CaCl}_2$

#### ЗАДАЧА 9-5 (автор Жиров)

$\text{X}_1 - \text{FeS}_2$      $\text{X}_2 - \text{SO}_2$      $\text{X}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$      $\text{X}_4 - \text{HCl}$  (раствор)     $\text{X}_5 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  (или  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )     $\text{X}_6 - \text{Fe}$      $\text{X}_7 - \text{FeCl}_3$   
 $\text{X}_8 - \text{Fe}(\text{OH})_3$



### ЗАДАЧА 9-6 (автор Жиров)

1.  $\text{H}_2\text{O}_2$
2. Фактически это молекулярная масса (заниженная вдвое  $34:2=17$ ) Первая цифра приведена в «водородных единицах» весьма близких к современным атомным единицам масс, а вторая в единицах Берцелиуса (принимая массу кислорода за 100 единиц) Коэффициент кратности этих двух шкал составляет  $100:8 = 12,5$  и  $212,5:17=12,5$
3. Твердыми катализаторами разложения могут быть оксиды металлов (например  $\text{MnO}_2$ ) и многие металлы в мелкоизмельченном состоянии (например Pt)
4. Пусть разлагается 2 моль пероксида водорода. При этом получается 2 моль воды и 1 моль газообразного кислорода.

Объем пероксида водорода составляет  $68 : 1,452 = 46,83$  (см<sup>3</sup>).

После разложения объем кислорода равен 22,4 л, объем жидкой воды 36 см<sup>3</sup> (ее можно и не суммировать в общий объем).

Отношение объемов составляет  $22436 : 46,8 = 479$ . (3 балла)

5. Для реакции разложения:  $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  тепловой эффект будет равен  $2 \cdot (285,8 - 178,8) = 196$  кДж (столько теплоты выделится в этой реакции. Этой теплоты хватит на полное испарение всей образующейся воды). (2 балла)

### Область 1994 9 класс

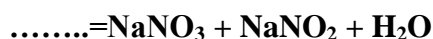
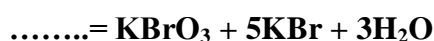
1. В 1777 г. Карл Фридрих Венцель (1740-1793) опубликовал книгу «Учение о сродстве», в которой привел результаты анализа почти двухсот солей различных типов. При исследовании взаимодействия магнезии с раствором серной кислоты Венцель установил, что при добавлении 120 гран магнезии к 440 гранам раствора серной кислоты 20 гран магнезии не растворилось. После упаривания раствора было получено 356 гран твердого остатка. Определите:

а) состав полученного твердого остатка

б) Массовую долю серной кислоты в растворе, который использовал Венцель в своей работе

в) Массу раствора после реакции.

2. На основании приведенных правых частей уравнений реакций восстановите левые части:

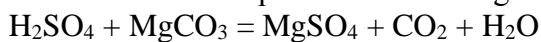


3. Рассчитайте число железнодорожных цистерн, необходимых для перевозки 70%-ного раствора серной кислоты ( $\rho=1,615$ ), которая должна быть израсходована на производство 1000 т суперфосфата, если его практический выход из фосфорита составляет 90% от теоретически возможного.

**Решение задач теоретического тура:**

**Задача 1.**

Магнезия – карбонат магния  $MgCO_3$  (минерал).



а) По условию в процессе реакции растворилось  $120-20=100$  (гран) карбоната магния.

Составив пропорцию, найдем, сколько должно получиться сульфата магния:

$$84,3/100 = 120,3/x \quad x = 142,3 \text{ (гран) } MgSO_4$$

Масса полученного твердого остатка 356 гран. По-видимому, был получен кристаллогидрат состава  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ . В нем на 84,3 грана  $MgSO_4$  приходится 18 п гран кристаллизационной воды и соответственно на 142,7 гран –  $(356-142,7)$  гран. Решив пропорцию:

$$84,3/142,7 = 18п/(356-142,7) \text{ находим, что } п=7. \text{ Состав твердого остатка } MgSO_4 \cdot 7H_2O$$

Б. Так как карбонат магния был взят в избытке, серная кислота прореагировала полностью. Найдем ее массу –  $x$  по уравнению

$$x = 100 \cdot 98 / 84,3; \quad x = 116,25 \text{ (гран) } H_2SO_4$$

Массовая доля серной кислоты в растворе  $w = 116,25 / 440 = 0,264$

В. Масса раствора после реакции равна:

$$M(\text{раствора}) = m(\text{р-ра } H_2SO_4) - m(CO_2) + m(MgCO_3)$$

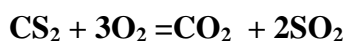
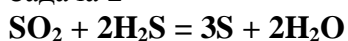
Нам неизвестна масса  $CO_2$ , образовавшегося в ходе реакции. Составляет пропорцию:

$$84,3/100 = 44/x \quad x = 52,2 \text{ (грانا) } CO_2$$

$$\text{Тогда } m(\text{р-ра}) = 440 + 100 - 52,2 = 487,8 \text{ (грانا)}$$

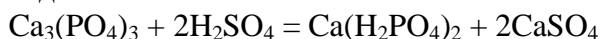
Автор А.И.Жиров

**Задача 2**



Автор Жиров

**Задача 3**



Для получения 1000 т суперфосфата требуется  $x$  т серной кислоты, а для 506 т – 196 т.

Решаем уравнение

$$X = 1000 \cdot 196 / 506 \quad x = 387 \text{ (т) } H_2SO_4$$

Масса 70%-ного раствора серной кислоты равна  $m(\text{р-ра}) = 387 / 0,7 = 553,36$  (т)

Объем раствора составляет:  $V = m/\rho$

$$V = 553,36 / 1,615 = 342,64 \text{ (м}^3\text{)}$$

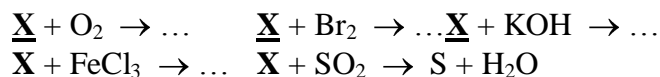
Объем ж/д цистерн, используемых для перевозки серной кислоты, равен 50-75 м<sup>3</sup> (приемлемая оценка объема цистерны составляет десятки кубометров), таким образом для перевозки раствора серной кислоты потребуется 5-7 цистерн (округление проводится в сторону большего значения)

Автор В.В. С

## Теоретический тур краевой олимпиады

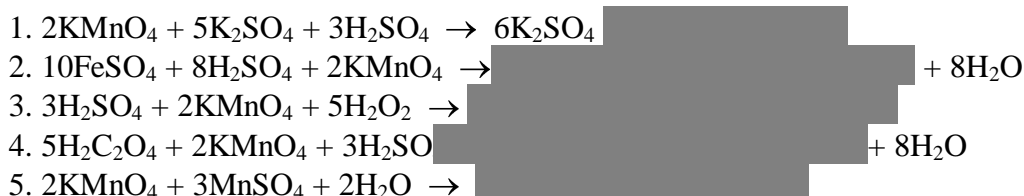
**Задача 9-1.** Газовую смесь, полученную при сжигании 1.2 г угля в избытке кислорода, поглотили 100 мл раствора гидроксида натрия плотностью 1.1 г/мл с массовой долей щелочи 10%. Определите массовую долю соли в полученном растворе.

**Задача 9-2.** На схеме приведены превращения  $X$  (стехиометрические коэффициенты не указаны).



Предложите  $X$  и запишите уравнения осуществленных превращений.

**Задача 9-3.**



**Задача 9-4.** “Сулема, или ... (? I) многими способами получается из каломели и обратно в нее переходит. Избыток хлора (напр., царская водка) переводит каломель и ртуть в сулему. Она получила свое название от того, что летуча, и в медицине поныне называется *Mercurius Sublimatus seu corrosivus*. Плотность ее паров по отношению к водороду 135, следовательно, частица ее содержит ... (? II). Она образует бесцветные призматические кристаллы ромбической системы, кипит при  $307^\circ$ , растворяется в спирте. Приготавливают ее обыкновенно через возгонку сернортутной соли с поваренной солью: ..... (? III). Сулема, будучи растворима в воде и реагируя на белковые вещества, сильно ядовита, а потому применяется для дезинфекции, особенно при хирургических операциях, для сохранения образцов животных, при бальзамировании и т.п.” (Д.И. Менделеев, Основы химии, т.2, с.108, 1947)

1. Определите состав сулемы (? II).
2. Приведите современное название “сулемы” (? I).
3. Напишите реакцию растворения ртути в царской водке.
4. Что такое “каломель” (название, состав)?
5. Как из “каломели” действием “царской водки” можно получить “сулему” (уравнение реакции)?
6. Напишите уравнение реакции “сернортутной соли с поваренной солью” (? III).

**Задача 9-5.** После летних каникул в кабинете химии были обнаружены четыре банки с реактивами, отвалившиеся этикетки от которых были перепутаны:

“KOH 1M”, “K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1M”, “Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 1M”, “CaCl<sub>2</sub> 1M”.

Юный помощник Сережа, аккуратно проведя попарные сливания растворов из банок, установил их содержимое. Полученные им результаты представлены в таблице.

Реакти в	<u>I</u>	<u>II</u>	<u>III</u>	<u>IV</u>
<u>I</u>	[blacked out]	↓	—	↓↑
<u>II</u>	↓	[blacked out]	↓	—



<b>III</b>	—	↓		↓	р
<b>IV</b>	↓	↑	—	↓	

Обозначения: в столбцах представлен номер взятого реактива, в строках – номер добавляемого реактива. ↓ – выпадения осадка, ↑ – газовыделение, р – растворение образовавшегося осадка (положение знака в строке зависит от количества добавляемого реагента: знак слева – выпадение осадка начинается с первой капли, чем дальше смещен знак вправо, тем больше добавляемого раствора требуется для реализации процесса). Определите содержимое банок. Напишите уравнения реакций происходящих процессов. Объясните, почему при приливании раствора **IV** к раствору **III** выпадение осадка происходит не сразу.

**Задача 9-6.** “Почти одновременно с введением электролитического способа получения хлора и едкого кали в Германии, французы Галль и Монтлор в 1890-м году применили электролиз для добывания ... (? I).

Электролизу подвергается насыщенный горячий раствор хлористого калия без диафрагмы с близко расположенными друг от друга электродами из платины или ачесоновского графита; выделяющийся на катоде ... (? II) перемешивает электролит настолько, что ... (? III) не выделяется из раствора. Подогревание раствора во время электролиза не требуется, так как он в достаточной мере нагревается электрическим током. ... На практике расходуют 7-8 кВт·час на 1 кг ... (? I).”

(Г.Ост. Химическая технология, ГНТИ, Л., 1934, с. 206-207)

1. Определите, что получается в результате электролиза раствора хлорида калия (**I**, **II**, **III**).
2. Напишите уравнение реакции образования (**I**) в этом процессе.
3. Определите выход (**I**) по току (%), если используется напряжение 5 В.
4. На какие побочные процессы может расходоваться электрический ток (уравнения реакций)?

## Решения задач теоретического тура краевой олимпиады 2000-2001

### 9 класс

#### Задача 9-1.

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \nu(CO_2) = \nu(C) = 1.2/12 = 0.1 \text{ моль}, \quad m(CO_2) = 0.1 \cdot 44 = 4.4 \text{ г.}$$

$$m(\text{р-ра NaOH}) = V \cdot \rho = 100 \cdot 1.1 = 110 \text{ г.} \quad m(\text{NaOH}) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega / 100 = 110 \cdot 0.1 = 11 \text{ г.}$$

$$\nu(\text{NaOH}) = 11/40 = 0.275 \text{ моль.}$$

Щелочь взята в избытке, поэтому при взаимодействии образуется средняя соль

(за обоснование образования средней соли - 2 балла)



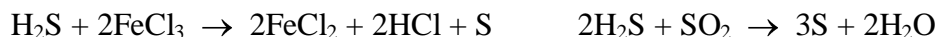
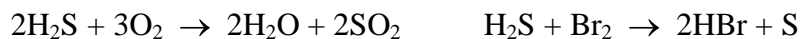
$$\nu(Na_2CO_3) = \nu(CO_2) = 0.1 \text{ моль.} \quad m(Na_2CO_3) = 0.1 \cdot 106 = 10.6 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

$$m(\text{полученного р-ра}) = m(\text{р-ра})_0 + m(CO_2) = 110 + 4.4 = 114.4 \text{ г.} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\omega(Na_2CO_3) = 10.6/114.4 = 0.093 \text{ (9.3\%)} \quad (2 \text{ балла})$$

#### Задача 9-2.

**X** – H<sub>2</sub>S (по 2 балла за уравнение реакции: 5×2 = 10 баллов)



### Задача 9-3.

- $2\text{KMnO}_4 + 5\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 6\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
- $10\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$  или  
 $10\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow 2\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 + 4\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$
- $3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5\text{O}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
- $5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{KMnO}_4 + 3\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$

(по 2 балла за уравнение реакции:  $5 \times 2 = 10$  баллов)

### Задача 9-4.

- Молярная масса сулемы:  $135 \times 2 = 270$  (г/моль). Тогда на один атом ртути приходится:  $(270 - 200,6) / 35,45 = 1,96 \approx 2$  атома хлора.

То есть, состав сулемы  $\text{HgCl}_2$ . (2 балла)

- Хлорид ртути (II). (1 балл)
- $3\text{Hg} + 2\text{HNO}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 3\text{HgCl}_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$  или  
 $3\text{Hg} + 2\text{HNO}_3 + 12\text{HCl} \rightarrow 3\text{H}_2[\text{HgCl}_4] + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$

(за уравнение, независимо от формы записи продукта хлорида ртути и состава выделяющегося оксида азота (II) или (IV) - 2 балла)

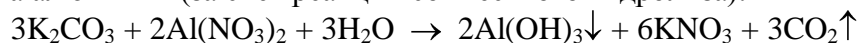
- $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  – хлорид ртути(I). (2 балла)
- $3\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{HNO}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 6\text{HgCl}_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$  или  
 $3\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{HNO}_3 + 18\text{HCl} \rightarrow 6\text{H}_2[\text{HgCl}_4] + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$

(за уравнение, независимо от формы записи продукта хлорида ртути и состава выделяющегося оксида азота (II) или (IV) - 2 балла)

- $2\text{NaCl} + \text{HgSO}_4 \rightarrow \text{HgCl}_2 \uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$  (2 балла)

### Задача 9-5.

- Газовыделение возможно только при взаимодействии растворов карбоната калия и нитрата алюминия (за счет реакции совместного гидролиза):



Таким образом, эти растворы находятся в банках **I** и **IV**.

Растворение осадка возможно только в одном случае, при добавлении избытка гидроксида калия к раствору нитрата алюминия (гидроксид алюминия амфотерен):



Тогда: раствор **III** –  $\text{KOH}$ , **IV** –  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , **I** –  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и, соответственно, **II** –  $\text{CaCl}_2$ .

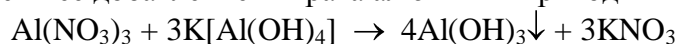
(по 1 баллу за соединение:  $4 \times 1 = 4$  балла)

- (I → II, II → I):**  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{KCl}$   
**(III → II, II → III):**  $\text{KOH} + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{KCl}$   
**(III → IV):**  $3\text{KOH} + \text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{KNO}_3$  (избыток  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ )  
**(IV → III):**  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{KOH} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{KNO}_3$  (избыток  $\text{KOH}$ )  
**(IV → I):**  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{KNO}_3 + 3\text{KHCO}_3$  (изб.  $\text{K}_2\text{CO}_3$ )  
**(I → IV):**  $3\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 6\text{KNO}_3 + 3\text{CO}_2 \uparrow$  (изб.  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ )

$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ )

(по 0.5 балла за уравнение:  $6 \times 0.5 = 3$  балла)

- При добавлении раствора нитрата алюминия к избытку гидроксида калия образуется растворимый гидроксокомплекс алюминия (уравнение 4 пункта 2). Дальнейшее добавление нитрата алюминия приводит к осаждению гидроксида алюминия:

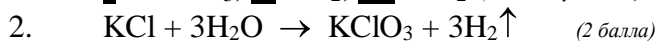


Выпадение осадка будет наблюдаться после прибавления  $1/4$  части раствора нитрата алюминия, необходимой для полного осаждения гидроксида. (3 балла)

### Задача 9-6.

1. При электролизе водного раствора на катоде выделяется водород (газ, который перемешивает раствор). Перемешивание раствора предотвращает выделение хлора на аноде. Тогда в результате электролиза раствора хлорида калия образуется хлорат калия - бертолетова соль.

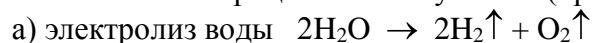
**I** –  $\text{KClO}_3$ , **II** –  $\text{H}_2$ , **III** –  $\text{Cl}_2$  (по 1 баллу за вещество:  $3 \times 1 = 3$  баллов)



3. На образование 1 моль хлората калия (122.45 г) расходуется  $96500 \cdot 6 = 579000$  (кулонов) или  $579000/3600 = 160.83$  (А·ч), что составляет  $160.83 \cdot 5 = 804.16$  (Вт·ч). Тогда для образования 1000 г хлората калия требуется  $804.16/122.45 = 6.57$  (кВт·ч).

Выход по току составляет 82 – 94%. (3 балла)

4. Электроэнергия теряется на нагревание раствора (по условию). Побочными электрохимическими процессами могут быть (при таком напряжении):



б) окисление хлорат-ионов (при снижении концентрации хлорид-ионов)

