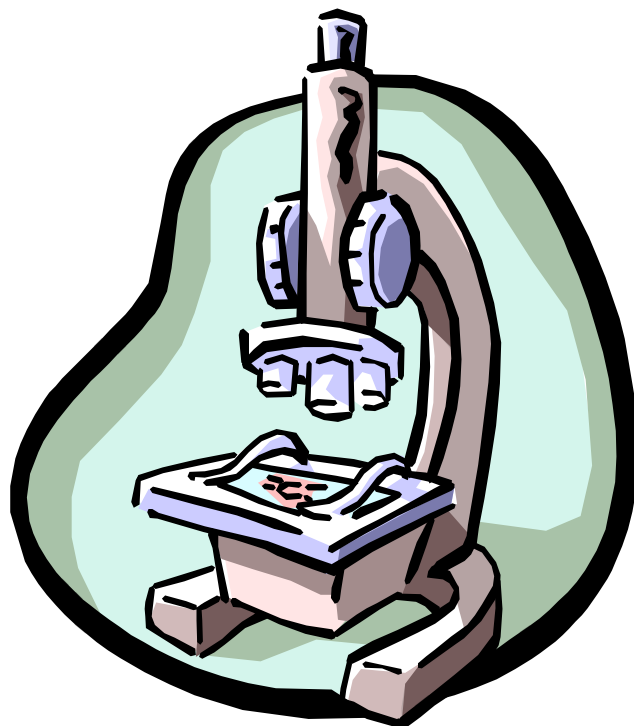


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
МОРДОВИЯ  
МОРДОВСКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОЛИМПИАДНЫЕ ЗАДАНИЯ  
ПО ХИМИИ**



САРАНСК 2005

**Олимпиадные задания по химии/ Сост.: Глазкова О.В., Лазарева О.П.;**  
МО РМ, МРИО.- Саранск, 2005. – 43 с.

Целью настоящего пособия является оказание помощи в подготовке школьников к теоретическим и экспериментальным этапам олимпиад разного уровня посредством ознакомления их с рациональными способами и путями решения сложных задач и упражнений по химии.

В процессе разработки пособия были использованы материалы конкурсных заданий республиканских и зональных туров химических олимпиад, задачи городских школьных олимпиад, усложненные задачи из сборников и пособий.

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом МРИО

## Примеры заданий теоретического тура для 8 класса

**Задача 1.** Специальный сосуд по очереди заполняли газами (при н.у.) и взвешивали. Масса сосуда, заполненного углекислым газом, азотом и неизвестным газом А, составляла: 48,8 г, 45,6 г, 48 г. Определите молярную массу неизвестного газа А.

Решение:

Обозначим через  $x$  массу сосуда, через  $y$  количество газа в сосуде. Так как газы занимали один и тот же объем, их количества одинаковы. Выразим через  $y$  массы углекислого газа и азота:

$$m(\text{CO}_2) = 44 y$$

$$m(\text{N}_2) = 28 y$$

Составим систему уравнений, учитывая, что масса сосуда, заполненного газом, равна сумме масс сосуда и газа:

$$x + 44 y = 48,8$$

$$x + 28 y = 45,6$$

$$x = 40; y = 0,2$$

Вычислим массу неизвестного газа:

$$m(\text{A}) = 48 \text{ г} - 40 \text{ г} = 8 \text{ г}$$

Вычислим молярную массу неизвестного газа:

$$M(\text{A}) = 8 \text{ г} / 0,2 \text{ моль} = 40 \text{ г/моль}$$

**Задача 2.** Для спаивания стекла с металлом часто пользуются сплавом, в состав которого входят свинец, висмут и олово. Определите состав этого сплава, если известно, что из 1 г его можно получить 0,577 г PbS и 0,148 г  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .

Решение:

Определим, сколько Pb и Bi содержится в соединениях.

$$239 \text{ г PbS содержат } 207 \text{ г Pb}$$

$$0,577 \text{ г} \gg \gg x \text{ г}$$

$$x = 0,5 \text{ г};$$

$$466 \text{ г Bi}_2\text{O}_3 \text{ содержат } 418 \text{ г Bi}$$

$$0,418 \text{ г} \gg \gg x_1 \text{ г}$$

$$x_1 = 0,375 \text{ г}$$

Это же количество свинца и висмута содержится в 1 г сплава; следовательно, олова будет  $1 - 0,5 - 0,375 = 0,125 \text{ г}$

$$1 \text{ г} - 100 \% \qquad 0,375 \text{ г} - x_3 \%$$

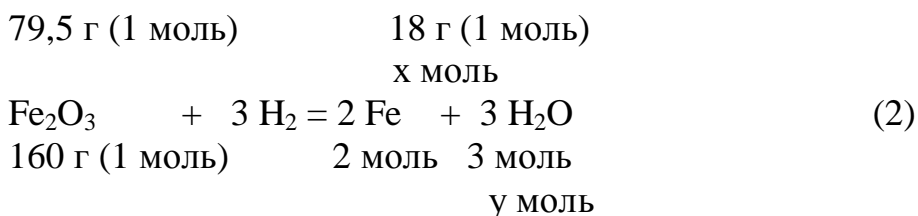
$$0,5 \text{ г} - x_2 \% \qquad 0,125 \text{ г} - x_4 \%$$

$$x_2 = 50 \% \text{ Pb}; x_3 = 37,5 \% \text{ Bi}; x_4 = 12,5 \% \text{ Sn.}$$

**Задача 3.** Определите количественный состав смеси оксида железа(III) и CuO, если при восстановлении 31,9 г ее водородом образовалось 9 г воды. Сколько граммов железа можно получить из этого количества смеси?

Решение:





При восстановлении получено 9 г H<sub>2</sub>O (0,5 моль), тогда  $x + y = 0,5$  или  $y = 0,5 - x$ . Если при восстановлении CuO получено  $x$  моль H<sub>2</sub>O, значит, восстановилось  $x$  моль CuO, или  $79,5 \cdot x$  г (1). Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в смеси было  $31,9 - 79,5 \cdot x$  г. Из уравнения (2) можно записать  $(31,9 - 79,5 x) \cdot 3 = 160 y$ , или  $(31,9 - 79,5 x) \cdot 3 = 160 (0,5 - x)$ . Решив уравнение относительно  $x$ , получим, что  $x = 0,2$  моль, т.е. CuO в смеси было 0,2 моль (15,9 г), а Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 16 г (0,1 моль). Из уравнения (1) видно, что из этого количества оксида железа (III) можно получить 0,2 моль железа (11,2 г).

**Задача 4.** В начале XX века английский химик Уильям Рамзай проводил опыты с образцами радия. Ученый измерял радиоактивность образцов, когда они находились в закрытом сосуде и на воздухе. Оказалось, что в первом случае их радиоактивность была выше, чем во втором. Объясните результат эксперимента. Как повлияло открытие Рамзая на подтверждение и развитие периодического закона Д.И. Менделеева?

Решение:

Радий – радиоактивный элемент. Один из продуктов его распада – радиоактивный газ радон, поэтому в замкнутом сосуде радиоактивность выше, чем на воздухе:

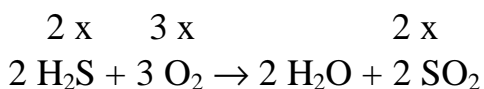


У. Рамзай впервые получил радон, который был ранее предсказан Д.И. Менделеевым как экаксенон с порядковым номером 86.

**Задача 5.** Объем смеси сероводорода с кислородом при н.у. равен 100 мл. После сгорания всего сероводорода за счет находившегося в смеси кислорода и приведения к н.у. получено 62,5 мл новой газовой смеси. Определите объемные доли газов в исходной смеси.

Решение:

$$\phi = \frac{V_{\text{в-ва}}}{V_{\text{смеси}}}$$



Обозначим через  $2x$  объем сероводорода в исходной смеси и выразим через  $x$  объем кислорода, вступившего в реакцию, и объем образовавшегося оксида серы (IV).



Обозначим через  $y$  объем кислорода, не вступившего в реакцию.

$$V_2(\text{O}_2) = y$$

Составим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 2x + 3x + y = 100 \\ 2x + y = 62,5 \end{cases}$$

$$x = 12,5 \quad y = 37,5$$

Вычислим объемы газов в исходной смеси.

$$V_3(\text{O}_2) = 3x + y = 75 \text{ мл}$$

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 2x = 25 \text{ мл}$$

Вычислим объемные доли газов в исходной смеси.

$$\varphi(\text{O}_2) = 75 \text{ мл} / 100 \text{ мл} = 0,75$$

$$\varphi(\text{H}_2\text{S}) = 1 - 0,75 = 0,25$$

### Задания для самостоятельного решения

1. В результате частичного разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  в растворе масса раствора уменьшилась на 10% и образовался 32,5%-ный раствор пероксида водорода. Вычислите массовую долю  $\text{H}_2\text{O}_2$  в исходном растворе и рассчитайте, какая часть  $\text{H}_2\text{O}_2$  разложилась (испарением воды пренебречь).

2. На нейтрализацию смеси гидроксидов натрия и калия массой 1,52 г потребовалось 15 г 10%-ного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Вычислите массу  $\text{NaOH}$  в исходной смеси.

3. Массовая доля металла в соли  $\text{MeClO}_x$  составляет 28,2%. Что это за соль? Как ее можно получить? Приведите 2-3 реакции, характеризующие ее химические свойства, и укажите области, в которых возможно применение этой соли.

4. Какую массу натрия необходимо растворить в воде объемом 1 л, чтобы получить раствор едкого натра с массовой долей 1%? Плотность воды 1 г/мл.

5. К раствору объемом 40,3 мл с массовой долей азотной кислоты 37,8% (плотность 1,24 г/мл) при охлаждении осторожно добавили раствор с массовой долей гидроксида калия 33,6% до полной нейтрализации, после чего раствор охладили до  $0^\circ \text{C}$ . Какая масса соли выпадет при этом, если насыщенный при  $0^\circ \text{C}$  раствор может содержать массовую долю соли 11,6%?

6. Смесь водорода с кислородом (н.у.), имевшую массу 5 г и плотность 1,12 г/л, взорвали. Сколько тепла выделится при взрыве, если теплота образования паров воды 242,8 кДж/моль?

7. Кристаллогидрат сульфата марганца (II) содержит 40,36% марганца. Какую формулу имеет кристаллогидрат?

8. На чашках весов уравновешены два сосуда, в которые налиты равные объемы одного и того же раствора соляной кислоты. В один из сосудов насыпали 1 г мела. Сколько нужно прибавить карбоната бария в другой сосуд, чтобы равновесие не нарушилось?

9. Смешали два раствора с равными массами и массовыми долями 5% сульфида натрия и хлорида меди. Определите массовую долю веществ, находящихся в растворе после сливания.

10. Каково процентное соотношение изотопов  $^{35}\text{Cl}$  и  $^{37}\text{Cl}$  в обычном хлоре, относительная атомная масса которого 35,457?

11. В сосуд, содержащий 50 г 16%-ного раствора сульфата меди, добавили 2 г стружек магния. Подсчитайте массовую долю продукта реакции в полученном растворе.

12. Крокодил Гена взял в столовой стакан чая. Пока ходил за чайной ложкой, старуха Шапокляк подсыпала в чай хлорид бария  $\text{BaCl}_2$ . Она не знала, что повара для придания плохому чаю хорошего цвета добавляют в него соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Вернувшись, Гена помешал чай и заметил в нем странную муть. Почуввав неладное, Гена отнес чай к знакомому химику. Химик, отфильтровав муть, обнаружил в чае лишь хлорид натрия массой 0,14 г.

Объясните, что произошло с другими частицами исходных веществ. Определите массу соды, которая была в стакане с чаем. Рассчитайте массу хлорида бария, который подсыпала старуха.

13. Смесь равных по массе количеств цинка и карбоната кальция обработали избытком раствора соляной кислоты. Рассчитайте среднюю плотность образующейся смеси газов.

14. Предложите простейший способ определения массовой доли пероксида водорода в водном растворе. Дайте ответ в виде расчетной формулы.

15. У химика-экспериментатора имеются восемь реактивов: растворы  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ , а также  $\text{Fe}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{SiO}_2$  в виде порошков. При этом в его распоряжении имеются лишь четыре пустых склянки. Как разместить эти реактивы в четырех склянках, чтобы их легко можно было выделить оттуда в чистом виде? Укажите методы выделения, обоснуйте свой ответ.

16. 6,2 г оксида натрия растворили в 100 г воды (раствор № 1). Затем к раствору № 1 прибавляли раствор соляной кислоты с массовой долей 10% до тех пор, пока реакция среды не стала нейтральной; получен раствор № 2. Определите массовые доли растворов № 1 и № 2 и массу раствора соляной кислоты, пошедшей на нейтрализацию.

17. При прокаливании 150 г смеси бертолетовой соли с диоксидом марганца выделилось 33,6 л газа (н.у.). При растворении продуктов реакции в горячей воде осталось 3,0 г осадка. Определите состав твердых продуктов реакции.

18. Медную пластинку массой 20 г опустили в раствор нитрата ртути (II). Масса пластинки увеличилась на 2,73 г. после этого пластинку прокалили, и она приобрела первоначальный вид. Как изменилась при этом масса пластинки?

19. В результате сжигания навески сплава магния и цинка в избытке кислорода образуется смесь продуктов с массой вдвое меньшей, чем масса смеси продуктов, образующихся в

результате сжигания такой же навески сплава в избытке хлора. Вычислите массовую долю магния в сплаве.

20. При сжигании образца каменного угля массой 1 г получилось 0,2 г золы; 0,07 г воды и 2,62 г смеси углекислого и сернистого газов. Какую массовую долю серы содержал образец? Сколько сернистого газа выделяется при работе тепловой электростанции, потребляющей 1 млн. тонн такого угля в год?

21. В одно отделение сосуда, разделенного пополам непроницаемой перегородкой, поместили воду и цинк, в другое – газообразный хлороводород (н.у.). Затем перегородку убрали. Через некоторое время давление в сосуде перестало изменяться и оказалось, что оно уменьшилось в 4 раза по сравнению с первоначальным. Какие вещества и в какой молярной концентрации находятся в растворе? Растворимостью водорода пренебречь.

22. Газ А имеет плотность в 3 раза больше, чем воздух. При взаимодействии с водой газа А на холоде и в темноте получается только кислота Б, которая на свету способна превращаться в две кислоты – В и Г. Если растворить в воде газ А, пропущенный предварительно через раскаленную стеклянную трубку, получается тоже две кислоты – Б и В. При взаимодействии одного из продуктов термического разложения газа А с раствором щелочи в зависимости от условий получают соли кислот либо Б и В, либо В и Г. Укажите перечисленные вещества и напишите уравнения реакций, если известно, что одна из солей кислоты Г содержит 31,8% калия и 39,2% кислорода.

23. К 50 г 35,6%-го раствора галогенида щелочного металла прибавили 10 г раствора нитрата серебра. После выпадения осадка концентрация исходного галогенида уменьшилась в 1,2 раза. Какой щелочной металл и какой галоген входили в его состав? Определите формулу галогенида.

24. В лаборатории имеется оксид меди, содержащий меченый кислород  $^{18}\text{O}$ . Как получить из него меченый оксид фосфора (V), не загрязненный другими изотопами кислорода? Приведите уравнения реакций и укажите условия, в которых они протекают.

25. К 40,3 мл раствора с массовой долей азотной кислоты 37,8% (плотность 1,24 г/мл) при охлаждении осторожно добавили раствор с массовой долей гидроксида калия 33,6 % до полной нейтрализации, после чего раствор охладили до  $0^\circ\text{C}$ . Какое количество соли выпадет при этом, если насыщенный при  $0^\circ\text{C}$  раствор может содержать массовую долю соли 11,6%.

26. В капсулах винтовочных патронов в качестве детонатора используют гремучую ртуть  $\text{Hg}(\text{ONC})_2$ , которая при выстреле разлагается, и продукты ее разложения полностью оказываются в воздухе. Сколько раз нужно выстрелить из мелкокалиберной винтовки в непроветриваемом тире размером 50\*20\*3 м, чтобы концентрация ртути в воздухе превысила предельно допустимую (значение этой величины в пересчете на чистую

ртуть составляет  $0,3 \cdot 10^{-3}$  мг/м<sup>3</sup>), если в каждом патроне содержится 5 мг гремучей ртути?

27. Какое количество натрия необходимо растворить в 1 л воды, чтобы получить раствор едкого натра с массовой долей 1% (плотность воды 1г/см<sup>3</sup>)?

28. Элементы А и Б расположены во II периоде и дают соединение, водный раствор которого окрашивает лакмус в красный цвет. Элемент Б может реагировать с элементом В, принадлежащим к тому же периоду. Водный раствор соединения элементов Б и В окрашивает лакмус в синий цвет. Соединение А и Б реагирует с соединением Б и В, образуя соль, мало растворимую в воде. Назовите элементы А, Б и В; напишите уравнения соответствующих реакций.

29. В химическом кружке были приготовлены 20%-ные растворы NaOH и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, которые оставили в колбах, прикрытых фильтровальной бумагой. Через две недели растворы использовали для получения сульфата натрия. В каком массовом отношении следует брать растворы для получения нейтрального продукта? Какие явления могут наблюдаться при сливании растворов?

30. Для восстановления 3,2 г оксида металла требуется 1,344 л водорода. При растворении полученного металла в избытке соляной кислоты выделяется 0,896 л водорода. Определите, какой это металл. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

31. У юного химика имеются следующие реактивы: медь и соляная кислота. Какими способами он может получить хлорид меди (II)? Напишите уравнения соответствующих химических реакций.

32. Для травления медных печатных плат радиолюбители обычно используют раствор хлорида железа(III). В чем суть этого процесса? Как можно регенерировать «отработанный» раствор, то есть восстановить его способность травления медных плат? Можно ли из отработанного раствора выделить металлическую медь? Ответ поясните и напишите уравнения соответствующих реакций.

33. Хлорид калия, используемый в качестве удобрений, можно получить из сильвинита методом избирательного растворения. Для этой цели применяется насыщенный по отношению к хлоридам натрия и калия (при 25° С) водный раствор, называемый щелоком. Сильвинит обрабатывают щелоком, нагретым до 100° С, а при охлаждении полученного раствора до 25° из него кристаллизуется хлорид калия. Какова минимальная масса щелока, необходимая для полного извлечения хлорида калия из 1 т сильвинита (за один цикл)? Массовая доля хлорида калия в щелоке при 25° – 12,5%, при 100° – 21,5%; растворимость хлорида натрия в воде от температуры практически не зависит. Полученным удобрением можно обработать 4,5 га пашни при норме внесения 35 кг/га (в пересчете на K<sub>2</sub>O).

34. В сухую пробирку насыпьте кристаллический ацетат натрия и добавьте немного твердого фенолфталеина. В химический стакан налейте воды, поместите туда термометр и вашу пробирку. При медленном нагревании стакана вы заметите, что, когда температура поднимется выше



60° С, содержимое пробирки окрасится в малиновый цвет. При охлаждении окраска снова исчезнет и вещество станет бесцветным. Опыт можно повторять многократно, и цвет в пробирке будет появляться и исчезать. Чем вызвано изменение окраски в пробирке, какие процессы при этом происходят?

35. Соединение состоит из двух химических элементов, атомные массы которых относятся как 7:6. Оно реагирует с соляной кислотой с образованием газа. Этот газ самовоспламеняется на воздухе, превращаясь в два самых распространенных на Земле оксида. Назовите исходное соединение и опишите его превращения.

36. Почему красный фосфор при хранении на воздухе становится влажным? Какие химические превращения происходят при этом? Как очистить красный фосфор от образовавшихся примесей и высушить его?

37. На нейтрализацию раствора, полученного смешиванием иодида калия массой 1,66 г, иодата калия массой 0,856 г и раствора соляной кислоты, объемом 100 см<sup>3</sup> (плотность примерно 1 г/см<sup>3</sup>), потребовался 0,24%-ный раствор гидроксида натрия объемом 200 см<sup>3</sup> (плотность примерно 1 г/см<sup>3</sup>). Вычислите массовую долю HCl в исходном растворе соляной кислоты.

38. В воде массой **b** г, взятой в избытке, растворили **a** г металлического натрия. Выразите массовую долю вещества в образовавшемся растворе через **a** и **b**.

39. В 1676 году Р. Бойль провел следующий опыт: он взвесил запаянную реторту с порошком металла, нагрел ее, потом охладил до исходной температуры, вскрыл и взвесил снова. На основании этого опыта Р. Бойль сделал вывод, что при нагревании огненная материя проникает через стенки реторты и «... что части огня и пламени могут становиться устойчивыми и весомыми». В 1756 году М.В. Ломоносов повторил опыт Бойля с некоторыми изменениями и сделала вывод, «... что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо...».

1) Какую ошибку совершил Р. Бойль?

2) Как М.В. Ломоносов изменил опыт Р. Бойля?

3) К каким выводам пришел М.В. Ломоносов в результате проведенных опытов?

4) Вычислите массу огненной материи, которая, согласно Р. Бойлю, проникла во время нагревания в реторту объемом 5 л (запаянную при н.у.), содержащую 4 г порошка железа.

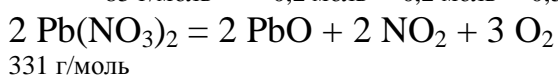
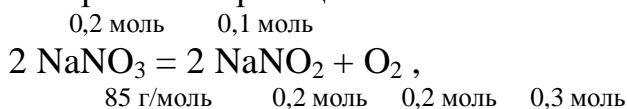
40. Реакция двух газов, смешанных в мольном соотношении 1:2, в замкнутом объеме приводит к образованию плавиковой кислоты с массовой долей 69 %. Что это за газы? Ответ мотивируйте.

## Примеры заданий теоретического тура для 9 класса

**Задача 1.** При нагревании смеси нитратов натрия и свинца образовалось 44,8 г оксида свинца (II) и 13,44 л смеси газов при н.у. Определите массу исходной смеси.

Решение:

1. Уравнение реакций



Расчет количеств веществ:

44,8 г

$$n(\text{PbO}) = \frac{44,8 \text{ г}}{223 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

13,44 л

$$n(\text{смесь газов}) = \frac{13,44 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,6 \text{ моль}$$

Следовательно, в реакцию вступают 0,2 моль  $\text{NaNO}_3$  и 0,2 моль  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .

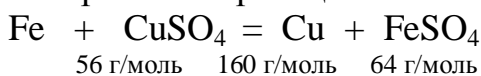
2. Расчет массы исходной смеси:

$$0,2 \text{ моль} \cdot 85 \text{ г/моль} + 0,2 \text{ моль} \cdot 331 \text{ г/моль} = 83,2 \text{ г}.$$

**Задача 2.** Железная пластинка массой 5 г опущена на некоторое время в 50 мл 15%-ного раствора сульфата меди (II), плотность которого 1,12 г/см<sup>3</sup>. После того как пластинку вынули, ее масса оказалась равной 5,16 г. Какова масса сульфата меди (II) в оставшемся растворе?

Решение:

1. Уравнение реакции:



2. Обозначения:  $n(\text{Fe})=n(\text{Cu})=n(\text{CuSO}_4)=x$ ,

Тогда  $56x$  – масса Fe, перешедшего с пластинки в раствор,  $64x$  – масса Cu, выделившейся на пластинке.

$$5 - 56x + 64x = 5,16 \Rightarrow x = 0,02 \text{ моль}.$$

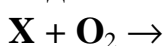
3. Масса  $\text{CuSO}_4$

израсходованного в реакции –  $0,02 \cdot 160 = 3,2$  г;

в исходном растворе –  $0,15 \cdot 1,12 \text{ г/мл} \cdot 50 \text{ мл} = 8,4$  г;

в оставшемся растворе –  $8,4 \text{ г} - 3,2 \text{ г} = 5,2 \text{ г}.$

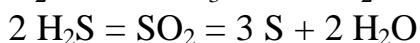
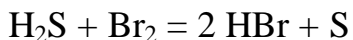
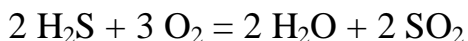
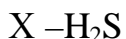
**Задача 3.** На схеме приведены превращения X.





Предложите **X** и запишите уравнения осуществленных превращений.

Решение:



**Задача 4.** Смесь аргона и кислорода (плотность по водороду 17,33) подвергнута действию тихого электрического разряда, после чего ее плотность возросла до 19,47.

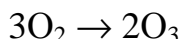
1) Что происходит при действии тихого электрического разряда на смесь кислорода с аргоном? Не противоречат ли результаты эксперимента известному факту инертности аргона?

2) Рассчитайте количественный состав газовой смеси до эксперимента и после?

3) Что может происходить при пропускании получившейся газовой смеси через раствор иодида калия (уравнение реакции)? Меняется ли при этом объем смеси? Меняется плотность смеси?

Решение:

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



2. До реакции:

Пусть на 1 моль аргона приходится  $X$  моль кислорода, тогда

$$M_{\text{см.}} = (1 \cdot 40 + X \cdot 32) / (1 + X) = 34,66, \text{ откуда } X = 2.$$

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

После реакции:

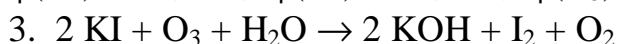
На 1 моль аргона приходится  $(2 - Y)$  моль кислорода и  $0,667 Y$  моль озона, где  $Y$  – количество кислорода, перешедшее в озон. Тогда:

$$M_{\text{см.}} = [40 + 32(2 - Y) + 0,667 Y \cdot 48] / [1 + (2 - Y) + 0,667 Y] = 39, \text{ откуда}$$

$$Y = 1 \text{ моль.}$$

Итак, состав смеси: 1 моль аргона, 1 моль кислорода, 0,667 моль озона.

$$\varphi(\text{Ar}) = 37,5 \%, \quad \varphi(\text{O}_2) = 37,5 \%, \quad \varphi(\text{O}_3) = 25,0 \%$$



**Задача 5.** В рукописях XVI-XVII в. читаем о том, как приготовить свинцовые белила: «Как белила делати. Бити свинец тонко молотом, резати полосы и вертети свинец в трубки. Влити в кадь дрожжей и ставить свинец в дрожжах. Покрывать и чтоб духу не выпускать ни сколько...

Как сурик делати. Возьми белил и положи в железный сосуд и постави на жар, и как белила станут красны, то и сурик готов».

1) Объясните, что представляют собой с химической точки зрения свинцовые белила и сурик.

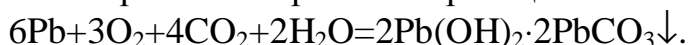
2) Опишите технологию, пользуясь уравнениями химических реакций.

3) Назовите, какие еще виды суриков вы знаете (укажите формулу).

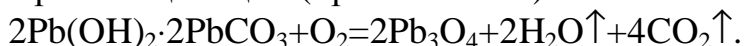
Решение:

1. Свинцовые белила – основной карбонат свинца  $Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$ . Сурик - смешанный оксид свинца (II, IV):  $Pb_3O_4$ , или  $2PbO \cdot PbO_2$ .

2. Брожение дрожжей сопровождается выделением углекислого газа. В присутствии кислорода происходит окисление свинца и образование основного карбоната. Уравнение реакции:



При кальцинации (прокаливание):



3. Например, железный сурик  $Fe_2O_3$ .

### Задания для самостоятельного решения

1. Смесь порошков магния и железа массой 6,24 г разделили на две равные части. Одну сожгли в кислороде и получили 4,8 г продуктов сгорания. Вторую сожгли на воздухе и к продуктам сгорания массой 4,52 г прилили раствор гидроксида натрия. Какой газ и в каком объеме выделился при этом? Приведите уравнения химических реакций.

2. В «Основах химии» Д.И. Менделеев описал следующий эксперимент: «Если взрывать смесь 2 объемов гремучего газа и 1 объем воздуха, то 1/10 часть воздуха превращается в азотную кислоту. ...Если же воздуха взять много, например, на 2 объема гремучего газа 4 объема воздуха, то ... весь воздух после взрыва останется в первоначальном объеме и азотная кислота не образуется». Рассмотрите следующие вопросы:

а) какова химическая сущность описанного процесса? Приведите суммарное уравнение реакции;

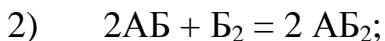
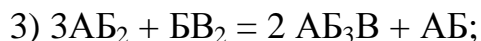
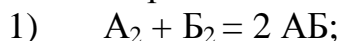
б) почему при увеличении объема воздуха азотная кислота не образуется;

в) какова массовая доля (%) азотной кислоты в получившемся растворе, если считать, что жидкие продукты реакций полностью конденсировались;

г) как изменится давление газов после окончания процесса и приведения температуры к исходной, если опыт проводить в замкнутом сосуде?

3. Какой объем 8%-го раствора гидроксида натрия (плотность 1,09 г/см<sup>3</sup>) потребуется для полной нейтрализации 100 мл раствора серной кислоты, если известно, что из 10 мл данного раствора серной кислоты при добавлении избытка хлорида бария можно получить 0,233 г осадка?

4. Три химических элемента обозначены буквами А, Б, В. Подберите такой ряд химических реакций, который можно было бы зашифровать следующим образом:



5. Неизвестный металл массой 13 г обработали избытком разбавленного раствора азотной кислоты. К полученному раствору добавили избыток горячего раствора гидроксида калия; при этом выделилось 1,12 л газа (измеренного при н.у.). Какой металл был растворен в азотной кислоте.

6. 4 г смеси карбонатов натрия и калия обработали серной кислотой. При этом получили 5,12 г смеси сульфатов металлов. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

7. Металлическая пластинка массой 50 г после пребывания в растворе соляной кислоты уменьшилась в массе на 1,68%, при этом выделилось 0,366 л газа. Из какого металла может быть изготовлена пластинка?

8. Над смесью металла с его оксидом пропустили водород до полного восстановления оксида, а продукт реакции растворили в разбавленной серной кислоте. Объем выделившегося при этом водорода равен объему водорода, пошедшего на восстановление исходной смеси (объемы измерены при одинаковых условиях). Какие металлы и оксиды удовлетворяют условию задачи? Приведите примеры таких смесей, рассчитайте в этих примерах молярные соотношения металла и его оксида.

9. Можно ли при взаимодействии двух водных растворов получить практически чистую воду? Приведите примеры.

10. Имеются следующие вещества: магний, сера, кислород, соляная кислота, гидроксид натрия, сульфат меди и вода. Какие способы получения гидроксида магния можно предложить, используя эти вещества?

11. К раствору 6,15 г смеси хлоридов меди(II) и цинка прибавили избыток раствора гидроксида натрия. Выпавший осадок отделили, прокалили и получили при этом 2 г сухого остатка. Определите процентный состав смеси.

12. Водный раствор белого твердого вещества X имеет слабокислую реакцию среды. Это вещество при нагревании возгоняется, причем плотность его паров по водороду равна 13,4. О каком веществе идет речь?

13. На чашках весов уравновешены два сосуда, в которые налиты равные объемы одного и того же раствора соляной кислоты. Сосуды – это колбы емкостью 100 и 500 мл. Обе колбы закрыты пробками, в которые вставлены газоотводные трубки. В каждую колбу помещают по 3 г магниевых стружек. Будет ли сохраняться равновесие во время реакции и после полного растворения магния? Реакции в обеих колбах идут с одинаковой скоростью.

14. Предполагается, что металлические опилки содержат магний, алюминий и олово. При растворении 0,75 г опилок в соляной кислоте выделилось 0,784 л водорода (условия нормальные). При сжигании такой же

навески в токе кислорода образовалось 1,31 г оксидов. Установите процентный состав исходной смеси.

15. 5,6 л бесцветного газа (н.у.) с относительной молекулярной массой на 3,4% меньше, чем относительная молекулярная масса воздуха, сожгли в избытке кислорода. Продукты сгорания пропустили через 10 %-ный раствор гидроксида натрия с плотностью 1,1. При этом образовался раствор кислой соли. Какой объем раствора щелочи был взят, если известно, что продукты сгорания исходного газа не содержат воду.

16. Оксид свинца (II) массой 18,47 нагрели в токе водорода. После того как нагревание было прекращено, масса оставшегося оксида и образовавшегося свинца составляла 18,07 г. Какова масса воды, образующейся в этом опыте?

17. Чистое железо медленно реагирует с раствором соляной кислоты. Однако если к реакционной смеси добавить каплю раствора сульфата меди (II), скорость реакции сильно увеличивается. Объясните происходящие при этом процессы. Является ли сульфат меди катализатором реакции?

18. 32,05 г сплава цинка с металлом, стоящим в ряду напряжений после водорода, обработали избытком разбавленной серной кислоты. При этом выделилось 4,48 л газа (н.у.). К нерастворившемуся остатку добавили горячую концентрированную серную кислоту до полного его растворения. При этом выделилось 6,72 л газа. Определите состав сплава, если известно, что катион металла двухвалентен.

19. При пропускании через воздух между электродами электрических искр образуется бурый газ с резким запахом объемом 8,96 л. Столько же выделяется бурого газа при взаимодействии металла массой 12,8 г с азотной кислотой (плотность 1,375 г/мл;  $W(\text{HNO}_3) = 60\%$ ) с образованием  $\text{Me}(\text{NO}_3)_2$ . Определите, какой был взят металл, и рассчитайте объем израсходованного раствора азотной кислоты.

20. При прокаливании смеси безводных солей гидрокарбоната и карбоната натрия до постоянной массы выделяется газ, объем которого составляет 0,8 объема газа, выделяющегося при действии соляной кислоты на полученный остаток. Вычислите молярное соотношение солей в исходной смеси.

21. Смесь нитратов металлов 1 группы периодической системы Д.И. Менделеева (масса одной соли 34 г, другой – 20,2) нагрели до прекращения выделения газов, объем которых оказался равным 8,96 л. Твердый остаток растворили в концентрированной азотной кислоте. Объем выделившегося при этом газа составил 4,48 л. Нитраты каких металлов были в смеси?

22. Установите формулу оксида азота  $\text{N}_x\text{O}_y$ , если известно, что при смешении его объемом 15 мл с избытком водорода при 20°C после длительного пропускания искрового электрического разряда и приведения смеси к исходным условиям суммарный объем газовой смеси уменьшился по сравнению с исходным на 15 мл. Найдите формулу оксида азота, напишите уравнение реакции.

23. При взаимодействии двух твердых веществ А с массой 9,79 г и Б с массой 3,61 г в присутствии следов воды образуется 4,42 л газообразного продукта, имеющего плотность 0,771 г/л (по справочным данным). Нагревание другой такой же навески вещества А с двукратным избытком оксида кальция дает 1,7 г азота. Столько же газа образуется при добавлении по каплям бромоводородной кислоты к 3,61 г вещества Б до прекращения реакции. О каких веществах идет речь в задаче, если известно, что во всех трех случаях образуется один и тот же газообразный и твердый продукт?

24. В лаборатории имеется медный купорос, содержащий радиоактивный изотоп серы. Как получить из него меченый этим изотопом сульфид железа (II), не загрязняя его другими изотопами серы? Ответ проиллюстрируйте уравнениями реакций с указанием примерных условий их проведения.

25. При обжиге навески пирита ее масса уменьшилась на 20%. Определите состав (в массовых долях) образовавшейся смеси твердых веществ.

26. При прокаливании 80 г безводного сульфата трехвалентного элемента получается его оксид массой на 24 г меньше молярной массы элемента. Определите, какой это элемент.

27. Элемент X входит в соединения А и Б, по-разному изменяющие окраску лакмуса. Вещество А сгорает в продуктах термического разложения Б, образуя среди прочих простое вещество X. Продукт реакции А с Б, полученный при комнатной температуре, разлагается при сильном нагревании, образуя простые вещества X, Y и воду. Сжиганием А в Y также получают вещество X, в присутствии катализатора – вещество с молекулярной формулой XY, а при избытке Y – смесь, дающую при растворении в воде соединение Б. О каких веществах идет речь? Приведите уравнения соответствующих реакций.

28. Смесь оксидов азота (II) и (IV) объемом 5,6 л (н.у.) смешали с 2 л кислорода, затем газы пропустили через раствор, содержащий 30 г гидроксида калия. Анализ газа (0,5 л при н.у.), прошедшего через раствор, показал, что это кислород. Определите состав исходной газовой смеси в объемных процентах и вычислите массовые доли веществ в растворе (конечная масса раствора 1 кг).

29. К смеси гидроксида и карбоната кальция осторожно прибавили некоторое количество соляной кислоты. При этом смесь полностью растворилась и выделилось 0,896 л газа (н.у.). Полученный раствор упарили досуха. При упаривании выделилось еще 0,448 л газа (н.у.), масса сухого остатка составила 14,21 г. Определите массы гидроксида и карбоната кальция в исходной смеси.

30. Определите формулу вещества X, состоящего из кислорода, азота, фосфора и водорода, если известно, что оно содержит 48,5% кислорода, количество атомов азота в два раза больше количества атомов фосфора, а количество атомов водорода в 2,25 раза больше количества

атомов кислорода. Относительная молекулярная масса вещества X меньше 200.

31. Какой технически важный ангидрид может взаимодействовать с металлом, неметаллом, кислотой и солью? Составьте уравнения данных реакций и укажите их практическое значение.

32. Приведите максимальное число существующих реакций, в результате которых образуется хлорид цинка.

33. К 130 мл смеси азота, водорода и метана добавили 200 мл кислорода, и затем смесь подожгли. После окончания горения и конденсации паров воды общий объем составил 144 мл при тех же условиях, а после пропускания продуктов сгорания через избыток раствора щелочи объем уменьшился до 72 мл. Найти исходные объемы азота, водорода и метана.

34. В раствор хлорида меди (II) поместили пластинки металлов А и Б. Через некоторое время масса пластинок увеличилась соответственно на 2,2 и 5,52 г. Определите, какие металлы были взяты, если известно, что металл А в соединениях проявляет валентность равную 2, а металл Б – 3. Отношение их эквивалентных масс соответственно 1:2.

35. В две пробирки положили по одинаковому кусочку цинка, а затем прилили некоторое количество 30%-ной азотной кислоты и такое же количество воды. В первую пробирку сначала налили воду, а затем медленно приливали кислоту, во вторую – сначала налили кислоту, а затем медленно приливали воду. Какие вещества образовались? Как доказать различие содержимого пробирок после окончания реакции?

36. Некоторый газ А, являющийся простым веществом, реагирует с водородом в присутствии катализатора, образуя вещество Б, которое можно в несколько стадий превратить в бесцветную жидкость В, обладающую кислотными свойствами. При взаимодействии Б с В образуется белое твердое вещество Г, разлагающееся при умеренном (примерно 150°C) нагревании с выделением газа Д. Газ Д реагирует с продуктом взаимодействия Б и металлического натрия (Е), образуя при этом соль Ж, хорошо растворимую в воде и содержащую 64,6% азота. О каких веществах идет речь? Напишите уравнения соответствующих реакций.

37. Два газа А и Б с резким запахом в зависимости от условий реагируют между собой по-разному:

а) в случае избытка А по схеме:  $8A + 3B = 6B + \Gamma$

В – сухой остаток, Г – газ;

б) в случае избытка Б – по иной схеме:  $2A + 3B = \Gamma + 6D$

Г- газ.

38. Ток силой 625 мА в течение 10 минут пропускали через разбавленный раствор серной кислоты. Объем собранного на катоде газа составил 46,5 мл (при температуре 21° С и давлении 743 мм рт. ст.). На основании этих данных определите заряд электрона.

39. Известно, что вблизи залежей сернистых руд, например, пирита, почва часто имеет более кислую реакцию и сравнительно более высокое содержание «активных» (способных впитываться корнями растений) ионов



тяжелых металлов (железа, меди, алюминия, магния и др.). Объясните это явление. На таких землях практически невозможно выращивать сельскохозяйственные культуры. Для того чтобы сделать почвы пригодными для земледелия, в них вводят оксид магния или гашеную известь либо затопляют на длительный срок (например, при выращивании риса). Почему эти меры оказываются эффективными? Напишите уравнения происходящих при этом реакций.

40. Газовая смесь, состоящая из водорода, метана и оксида углерода, имеет плотность  $0,857 \text{ г/дм}^3$  (при н.у.). Для полного сжигания одного объема смеси требуется  $4,52$  объема воздуха. Определите состав горючей смеси в объемных процентах.

41. Смесь двух безводных нитратов металлов массой  $4,95 \text{ г}$  прокалили. При этом образовались газообразные продукты, которые после нагревания до  $1000^\circ \text{C}$  при давлении  $101,325 \text{ кПа}$  заняли объем  $6,26 \text{ л}$ , а также твердый остаток массой  $1,38 \text{ г}$ , хорошо растворимый в воде. Раствор остатка в воде имеет слабощелочную реакцию. Какие нитраты использовались для эксперимента?

42. Реакция двух газов, смешанных в молярном соотношении  $1:2$ , в замкнутом объеме приводит к образованию раствора плавиковой кислоты с массовой долей  $69\%$ . Что это за газы? Ответ мотивируйте.

43. В XVII – XIX вв. применялась белая краска, в состав которой входило вещество А. Со временем картины, выполненные такими белилами, темнели. Реставраторы возвращали первоначальный вид картинам, обрабатывая их веществом Б. Что собой представляют вещества А и Б? Какие процессы происходят с веществом А на воздухе и при обработке картин раствором вещества Б? Напишите соответствующие уравнения реакций.

44. Некоторый хлорид, содержащий  $74,7\%$  хлора, способен сильно «дымить» во влажном воздухе. Установите формулу этого вещества и объясните причину описанного явления.

45. В плотно закрытом сосуде с перегородкой находятся отдельно  $50 \text{ мл}$  раствора сульфата железа (II) и  $100 \text{ мл}$  раствора едкого натра. Перегородку убрали, и растворы полностью прореагировали. Объем воздуха в сосуде уменьшился на  $0,224 \text{ л}$  (в пересчете на нормальные условия). Какие реакции произошли в сосуде? Определите молярные концентрации исходных растворов.

46. При прокаливании смеси безводных солей гидрокарбоната и карбоната натрия до постоянной массы выделяется газ, объем которого составляет  $60\%$  объема газа, образующегося при действии соляной кислоты на полученный после прокалывания остаток. Вычислите молярное соотношение солей в исходной смеси.

47. Для получения практически чистого водного раствора вещества А очень часто используется следующая методика: вещество В ( $m = 2,2 \text{ г}$ ) медленно при перемешивании засыпают в  $13\%$ -ный холодный раствор серной кислоты (плотность  $1,0905 \text{ г/см}^3$ ,  $V = 9,0 \text{ мл}$ ). Эта методика имеет существенный недостаток: выход продукта составляет  $7\%$  от теоретически

возможного. Улучшить результат можно, внося некоторые изменения: вещество В медленно при перемешивании засыпают в воду, и через нее пропускают ток углекислого газа, тогда практический выход составляет 82%.

Полученный раствор вещества А реагирует с подкисленным раствором перманганата калия, при этом выделяется газ С с плотностью по неону 1,6.

А) Определите вещества А, В, С.

Б) Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

В) Укажите основную причину, определяющую низкий выход продукта, полученного по первой методике.

Г) Как изменяется окраска  $\text{KMnO}_4$  в реакции с раствором вещества А?

Д) Рассчитайте, сколько вещества В необходимо взять (в граммах) для получения по второй методике такого же количества вещества А, которое было получено по первой методике.

Е) Предложите способы получения А и В (напишите уравнения реакций).

Ж) Как взаимодействует вещество А с  $\text{O}_3$ ?

48. Й.Я. Берцелиус (1779 – 1848) определил атомные веса многих элементов. Один из примеров он описал следующим образом: «Хлор. Его атомный вес я установил следующим путем:

а) при сухой перегонке 100 частей безводного хлората калия выделилось 39,15 части кислорода и осталось 60,85 части хлорида калия;

б) из 100 частей хлорида калия было получено 192,4 части хлорида серебра;

в) из 100 частей серебра было получено 132,75 части хлорида».

А) Используя современные значения атомной массы кислорода, рассчитайте по результатам Берцелиуса относительные атомные массы хлора, калия, серебра.

Б) Какие экспериментальные данные и какие законы могут быть использованы вами для расчетов относительных атомных масс этих элементов, если предварительно неизвестно ни одно значение относительной атомной массы?

В) На основе каких химических процессов могут быть получены результаты, соответствующие пункту в? Напишите уравнения реакций.

49. При электролизе водного раствора медной соли некоторой органической кислоты на катоде выделилось 1,28 г металла, а на аноде было получено 1,57 л газа ( $t = 20^\circ \text{C}$ ,  $p = 745 \text{ мм рт. ст.}$ ). При пропускании этого газа через раствор гидроксида калия его объем уменьшается на 62,5%, а пропускание исходного газа через бромную воду ведет к уменьшению объема на 6,25%. Плотность по водороду непоглощенной части газа составляет соответственно 24,2 и 23,4.

А) Установите молекулярную формулу и название соли, подвергнутой электролизу.

Б) Объясните результаты эксперимента. Запишите схемы реакций, протекающих на электродах.

В) Как изменится объем анодного газа, если его пропустить через нейтральный водный раствор перманганата калия?

50. Ниже приведен один из старых алхимических рецептов приготовления «зеленого философского деревца»:

«Возьми царской водки, сделанной из селитры и квасцов; положи в нее кусок серебра, смешанного с медью, и распусти его на огне: раствор, по причине распущенной меди, будет зеленого цвета. Когда заметишь, что все серебро распустилось, то подлей к нему самой холодной дождевой воды, очищенной перегонкой, и тотчас затем положи туда живой ртути; в короткое время на дне окажутся деревца с приятной зеленью, так что вдруг из воды появится целый лесок и, постояв некоторое время, спокойно окрепнет и сделается рощицей, которую можно носить с собой и которая, по своей новости, будет прекрасным изображением плодотворной природы» (Папюс. Практическая магия. - М.: Renaissance, 1991.- С.584.).

1) Что такое «селитра» и «квасцы»? Как из них можно приготовить «царскую водку» (уравнения реакций)?

2) Что такое «распущенная медь»? Почему раствор «распущенной меди» зеленого цвета?

3) Напишите уравнения реакций «распущения».

4) Что такое «самая холодная дождевая вода, очищенная перегонкой» (в современной химической терминологии)? Для чего, на ваш взгляд, ее добавляют?

5) Что происходит при добавлении в раствор «живой ртути» (уравнения реакций)?

6) Что собой представляют «выросшие деревца» (химический состав)?

51. Генри Кавендиш (1731-1810) – один из создателей пневматической химии (химии газов), его перу принадлежат важнейшие работы в этой области. Ниже приведена цитата из одной статьи Кавендиша, в которой заменены химические названия металлов на обозначения I, II и III:

«Я знаю три металла, которые производят горючий газ при растворении в кислотах, а именно – в разбавленной купоросной и соляной. Металл I растворяется с великой скоростью в обеих этих кислотах, одна унция его дает около 356 унциевых мер газа. Металл II растворяется легко, но не так быстро. Одна унция его производит около 405 унциевых мер газа... Одна унция металла III растворяется в крепкой соляной кислоте, доставляя 202 унциевых меры горючего газа».

В другой работе Кавендиш пишет, что растворение металла I в кислоте сопровождается уменьшением веса прибора примерно на 3 % от веса исходного металла.

1) Какой газ Кавендиш назвал «горючим» газом? Кто и когда дал этому газу современное название?

2) Какие металлы использовал Кавендиш в своих опытах? Ответ подтвердите расчетами.

3) Напишите уравнения происходящих реакций.

4) Постарайтесь уточнить объем горючего газа, выделяемого металлом I в первом эксперименте, приняв, что в лаборатории сэра Генри температура была 17°C, а давление равнялось нормальному атмосферному.

52. В 1764 г. член Российской академии наук Кирилл Лаксман проводил эксперименты на одном из заводов, расположенном на реке Талица в сорока верстах повыше Иркутска, неподалеку от Ангары. Результаты экспериментов опубликованы им в «Трудах Вольного экономического общества» (1798.Т.III(52).С.241-249).

«Я взял четыре пуда сей щелочной ископаемой соли, известной под названием глауберовой, горькой, слабительной и сибирской соли, а у мунгальских народов гуджир называемой. Сие кристаллоподобное вещество выставил я на открытый воздух и попустил оному распасться. По прошествию двух недель лишилось оно влажности, нужной к составлению кристаллоподобного образца, распалось в весьма мелкий белый порошок и наполовину тяжести своей потеряло. Сей нежный порошок смешал я с четырьмя фунтами угольного порошка, приготовленного из обычного соснового угля... Смешав все сие, высыпал я в раскаленную перепепливающую печь, и тотчас начала она смесь многочисленными испускать искры и распространила кисловатый, слегка на серную печень похожий запах. Каление продолжал я несколько часов и несколько раз мешал. Но когда перестали показываться искры, вынул я всю соль из печи, которая доказала все свойства соды, или чистой щелочной соли из царства ископаемых».

1) Что представляет собой «щелочная ископаемая соль» (формула)?

2) Уточните «вес сего нежного порошка», если, по данным Д.И. Менделеева, пуд (40 фунтов) составляет 16, 380496 кг.

3) Что представляет собой «чистая щелочная соль из царства ископаемых» (формула)?

4) Какое минимальное количество (в фунтах) «угольного порошка» мог использовать в своем эксперименте К. Лаксман для получения «чистой щелочной соли из царства ископаемых», считая его чистым углеродом?

5) Приведите уравнения химических реакций, которые, по вашему мнению, могли протекать в экспериментах К. Лаксмана.

6) Как в настоящее время получают «чистую щелочную соль из царства ископаемых»? Приведите состав исходного сырья (формулы) и уравнения реакций, протекающих при ее получении.

53. В 1772 г. была опубликована очень важная для дальнейшего развития естествознания статья Дж. Пристли под названием «Наблюдения над различными видами воздуха». В этой работе сообщалось о новых открытиях в области химии газов. В частности подробно описаны «солянокислый воздух», обладающий едким запахом и кислым вкусом, а также «летучий щелочной воздух» – легкий газ с резким отрезвляющим запахом. В данной работе, по-видимому, впервые описано получение «селитряного воздуха» действием «селитряной кислоты» на металлы. Пристли заметил, что свойства «селитряного воздуха» изменяются при

длительном контакте с железом в присутствии влаги. Получающийся при этом газ, названный «дефлогистированным селитряным воздухом», уже не изменял своей окраски при смешивании с обычным воздухом (в отличие от исходного «селитряного воздуха»), а свеча горела в нем также ярко, как и в обычном «дефлогистированном воздухе» горящая лучина способствует превращению «дефлогистированного селитряного воздуха» в обычный «флогистированный воздух».

1) Приведите формулы и современные названия всех шести видов воздуха, описанных Дж. Пристли.

2) Приведите по одному уравнению реакций получения каждого из них.

54. Норвежская селитра, используемая в качестве удобрения, содержит 11,86 % азота.

1) Установите ее формулу.

2) Почему эта селитра называется норвежской, ведь в Норвегии (в отличие от Чили) нет селитряных залежей?

3) Какое отношение к норвежской селитре имеют Вольта и Биркеленд?

55. Во второй половине XIX века русский химик Н.Н. Бекетов предложил способ получения металлического рубидия. Для этого он нагревал в железном цилиндре, снабженном трубкой-холодильником и приемником, смесь гидроксида рубидия и порошкообразного алюминия. Из записей Н.Н. Бекетова: «Рубидий гонится постепенно, стекая, как ртуть, и сохраняя свой металлический блеск вследствие того, что снаряд во время операции наполнен водородом».

1) Напишите уравнение реакции, осуществленной Н.Н. Бекетовым.

2) В знакомом вам ряду напряжений металлов рубидий стоит намного левее алюминия. Как можно объяснить протекание этой реакции?

3) Можно ли применить этот процесс для получения металлического лития?

56. Йод был открыт в 1811 г. французским химиком Бернаром Куртуа. Рассказывают, что однажды в лаборатории кошка, которая всегда спокойно сидела на плече Куртуа, внезапно спрыгнула на стол, где стояли колбы с реактивами. Они разбились, и в воздух поднялись клубы фиолетового «дыма» - пары йода. Йодид натрия, полученный из водорослей, взаимодействуя с серной кислотой, дает йод  $I_2$ ; одновременно образуется «сернистый газ» – диоксид серы  $SO_2$ .

Рассчитайте суммарный объем газов (при н.у.), выделившихся в результате взаимодействия 15 г  $NaI$  с избытком серной кислоты, а также относительную плотность (по воздуху)  $D$  образовавшейся газовой смеси, если степень превращения реагента  $\alpha$  составляет 90 %.

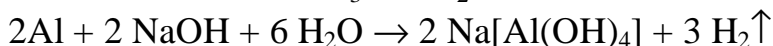
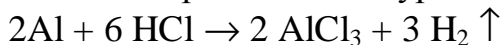
## Примеры заданий теоретического тура для 10 класса

**Задача 1.** На чашках весов уравновешены химические стаканы с 0,1 г металлического алюминия в каждом.

Как изменится равновесие весов, если в один стакан прилить 5%-ный раствор соляной кислоты массой 10 г, в другой – 5%-ный раствор гидроксида натрия массой 10 г.

Решение:

Металлический алюминий реагирует с соляной кислотой и гидроксидом натрия согласно уравнениям:



При одной и той же массе прореагировавшего алюминия в обоих случаях выделяется одинаковое количество водорода. Следовательно, если алюминий растворится полностью, то равновесие весов не изменится. В случае неполного растворения алюминия перевесит та чашка весов, где меньшая доля алюминия вступит в реакцию.

В 5%-ных растворах массой 10 г содержится по 0,5 г ( $10 \cdot 0,05$ ) соляной кислоты и гидроксида натрия.

$$M(\text{Al}) = 27 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

Найдем, сколько потребуется соляной кислоты и гидроксида натрия для растворения алюминия массой 0,1 г.

Al массой  $27 \cdot 2$  г вступает в реакцию с HCl массой  $(36,5 \cdot 6)$  г

Al массой 0,1 г вступает в реакцию с HCl массой  $x$  г

$$x = 0,406 \text{ г HCl}$$

Al массой  $27 \cdot 2$  г вступает в реакцию с NaOH массой  $(40 \cdot 2)$  г

Al массой 0,1 г вступает в реакцию с NaOH массой  $y$  г

$$y = 0,148 \text{ NaOH}$$

Оба вещества HCl и NaOH взяты в избытке, поэтому в обоих стаканах произойдет полное растворение алюминия и равновесие весов не нарушится.

**Задача 2.** Вычислите относительную плотность по азоту смеси газов, состоящей из бутана  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , если в этой смеси на три атома углерода приходится один атом кислорода.

Решение:

Формула для определения средней молярной массы смеси

$$M(\text{ср.}) = m(\text{см.}) / v(\text{см.}) = \frac{v_1 M_1 + \dots + v_n M_n}{v_1 + \dots + v_n}$$

$$M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 58 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{N}_2) = 28 \text{ г/моль}$$

Запишем количество атомов углерода, приняв, что смесь содержит один моль атомов кислорода:

$$v(\text{O}) = 1 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}) = 3 \text{ моль}$$

Вычислим количество углекислого газа, учитывая, что углекислый газ содержит один моль атомов кислорода:

$$v(\text{CO}_2) = v(\text{O}) / 2 = 1 \text{ моль} / 2 = 0,5 \text{ моль}$$

$$v_1(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль}$$

Вычислим количество атомов углерода в бутане:

$$v_2(\text{C}) = 3 \text{ моль} - 0,5 \text{ моль} = 2,5 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}_4\text{H}_{10}) = v_2(\text{C}) / 4 = 2,5 \text{ моль} / 4 = 0,625 \text{ моль}$$

Вычислим среднюю молярную массу смеси бутана и углекислого газа:

$$0,625 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} + 0,5 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{ср.}) = \frac{0,625 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} + 0,5 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль}}{(0,625 + 0,5) \text{ моль}} = 51,78 \text{ г/моль}$$

Вычислим относительную плотность смеси газов по азоту:

$$D_{\text{N}}(\text{ср.}) = 51,78 / 28 = 1,85$$

**Задача 3.** Хлорофилл является важным пигментом, обуславливающим зеленый цвет листьев растений. При сжигании 89,2 мг хлорофилла в избытке кислорода получают только следующие четыре вещества: 242 мг газа, которым обычно газировать напитки; 64,8 мг жидкости, составляющей основу этих напитков; 5,6 мг газа, которого больше всего в земной атмосфере и 4,00 мг белого порошка, который является оксидом легкого широко используемого металла, составляющего приблизительно 2,3 % земной коры.

- 1) О каких веществах идет речь?
- 2) Рассчитайте формулу хлорофилла, учитывая, что его молекула содержит только один атом металла.
- 3) Напишите уравнение реакции горения хлорофилла.
- 4) Содержит ли хлорофилл хлор? Откуда взялось название «хлорофилл»?
- 5) Приведите пример природного вещества, содержащего фрагмент структуры сходного строения.

Решение:

1. Напитки газировать углекислым газом, сами напитки состоят большей частью из воды, самый распространенный газ в земной атмосфере – азот, а порошок является оксидом магния.

2. Рассчитываем соотношение элементов в молекуле:

$$n(\text{CO}_2) = 242/44 = 5,5 \text{ ммоль}, m(\text{C}) = 5,5 \cdot 12 = 66 \text{ мг}$$

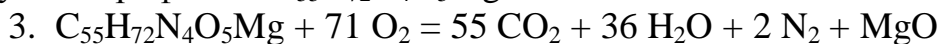
$$n(\text{H}_2\text{O}) = 64,8/18 = 3,6 \text{ ммоль}, m(\text{H}) = 3,6 \cdot 2 = 7,2 \text{ мг}$$

$$n(\text{N}_2) = 5,60/28 = 0,2 \text{ ммоль}$$

$$n(\text{MgO}) = 4,00/40 = 0,1 \text{ ммоль}, m(\text{Mg}) = 0,1 \cdot 24 = 2,4 \text{ мг}$$

$$m(\text{O}_2) = 89,2 - 66 - 7,2 - 5,6 - 2,4 = 8 \text{ мг}, n(\text{O}) = 8/16 = 0,5 \text{ ммоль.}$$

Соотношение  $C:H:N:O:Mg = 5,5:7,2:0,4:0,5:0,1 = 55:72:4:5:1$ , откуда формула хлорофилла:  $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$



4. Греческое слово «хлорос» означает «зеленый». Отсюда название и хлора и хлорофилла.

5. Самые известные – краситель крови гем (гемоглобин) и производные гема и хлорофилла.

**Задача 4.** Основатель всесоюзных и всероссийских химических олимпиад школьников профессор Московского государственного университета Альфред Феликсович Платэ рассказывал, что в годы Великой Отечественной войны ему было поручено срочно исследовать содержимое двухлитровой тонкостенной металлической ампулы, находившейся в пилотской кабине сбитого вражеского истребителя. По результатам анализа эта жидкость содержала 22 % углерода, 4,6 % водорода и 73,4 % брома (по массе). Результаты анализа свергли инженеров и военных специалистов в недоумение.

Выскажите ваши соображения о том, с какой целью эта тонкостенная ампула с необычным содержимым была закреплена в пилотской кабине.

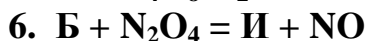
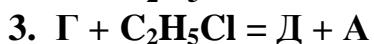
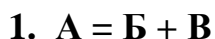
Решение:

Соотношение между числом атомов элементов в изученной жидкости:

$$C : H : Br = (22/12) : 4,6 : (73,4/80) = 1,83 : 4,6 : 0,92 = 2 : 5 : 1.$$

Формула исследуемой жидкости –  $C_2H_5Br$ . Естественно, что обнаружение значительного количества этого вещества и к тому же в необычной упаковке вызвало недоумение, пока одному из химиков-экспериментаторов не пришла в голову очень простая мысль: этилбромид кипит при температуре  $+38^\circ C$  и помещен в пилотскую кабину в качестве потенциального противопожарного средства! При пожаре ампула лопаается, и пары этилбромида, которые почти в 4 раза тяжелее воздуха, на некоторое время изолируют очаг пожара, прекращая распространение огня.

**Задача 5.** Рассмотрите цепочку превращений:



Расшифруйте вещества **A – И**, если известно, что вещество **A** придает горький вкус морской воде, **B**, **B** и **E** являются простыми веществами, реакции 1 и 4 проходят при высокой температуре, реакция 1 идет под действием электрического тока, реакцию 2 проводят в диэтиловом эфире.

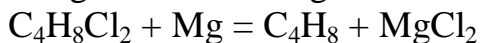
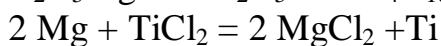
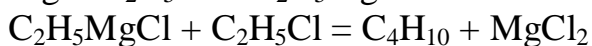
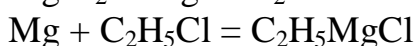
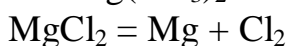
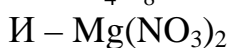
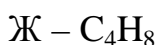
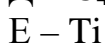
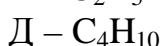
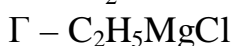
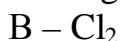
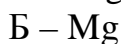
1) Напишите уравнения реакций 1 – 6.

2) Что может представлять собой вещество **Ж** и назовите его.



Решение:

Горький вкус морской воде придают соединения магния. Поскольку при электролизе расплава вещества А получают два простых вещества, то очевидно, что это галогенид магния, а именно его хлорид, как это следует из реакции 4. При взаимодействии с хлорэтаном идет реакция присоединения. Поскольку галогены с предельными углеводородами могут вступать в реакции замещения, то Б – это магний. Поскольку в реакции образуется только одно вещество, то вещество Г – продукт присоединения магния, магний-органическое вещество, реактив Гриньяра.



В зависимости от взаимного расположения атомов хлора в молекуле  $\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2$  могут получаться различные продукты. В случае, если атомы хлора расположены у одного атома углерода, может в заметных количествах образовываться октен. Если атомы хлора расположены у двух соседних атомов углерода, получают непредельные углеводороды  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  (бутен-1) или  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$  (бутен-2). Когда атомы хлора находятся через два атома углерода, могут получаться циклические углеводороды (циклобутан) в незначительных количествах.

### Задания для самостоятельного решения

1. К 130 мл смеси азота, водорода и метана добавили кислород объемом 200 мл и смесь подожгли. После окончания горения и конденсации паров воды общий объем составил 144 мл при тех же условиях, а после пропускания продуктов сгорания через избыток раствора щелочи объем уменьшился на 72 мл. Найдите исходные объемы азота, водорода и метана.

2. Определите строение и назовите соединение бензольного ряда состава  $\text{C}_9\text{H}_8$ , если известно, что оно обесцвечивает бромную воду, вступает в реакцию Кучерова, реагирует с амидом натрия. При окислении перманганатом калия исходное соединение дает бензойную кислоту.

3. Вы, конечно, знаете общие формулы членов гомологических рядов – метана, этена, этина. Попробуйте вывести общую формулу членов любых

гомологических рядов (необязательно углеводородов), если известна формула первого члена этого ряда.

4. При сжигании некоторого газообразного углеводорода в хлоре расходуется трехкратный объем хлора. А при сжигании этого же углеводорода в кислороде расход окислителя по массе уменьшается в 1,48 раза. Какой это углеводород?

5. Теплоты сгорания метана и водорода равны соответственно 890 и 284 кДж/моль. При сгорании 6,72 л водородо-метановой смеси (н.у.) выделилось 148 кДж. Какой объем кислорода при этом израсходовался?

6. Легкокипящий углеводород, существующий в виде двух геометрических изомеров, имеет плотность паров 2,93 г/л при давлении 1215,6 ГПа и температуре 67° С. Установите его строение и приведите структурные формулы всех изомерных ему ациклических углеводородов.

7. В результате сложной химической реакции образуется смесь бромбензола  $C_6H_5Br$  и йодбензола  $C_6H_5I$ . Чтобы изучить механизм реакции, химику необходимо точно знать процентное содержание обоих соединений в полученной смеси. Смесь подвергается поэлементному анализу. Однако элементный анализ на Br и I отдельно не всегда возможен. Определите процентное содержание  $C_6H_5Br$  и  $C_6H_5I$  в смеси, если известно, что в ней углерода  $a$  %, а сумма (Br и I) составляет 1%.

8. Пары этилового спирта разложили над нагретым оксидом алюминия. Образовавшийся газ пропускали через 250 мл 0,4 М раствора брома до тех пор, пока окраска брома полностью не исчезла. Какой объем газа (н.у.) прореагировал с бромной водой? Какое количество продукта при этом получилось?

9. Омыление сложных эфиров ускоряется при действии щелочей. Для гидролиза некоторых эфиров обычно берут 6%-ный раствор гидроксида натрия (плотность 1,0 г/см<sup>3</sup>) из расчета 150 мл раствора щелочи на 1 г эфира. Сколько 40%-ной (плотность 1,4 г/см<sup>3</sup>) надо взять, чтобы прогидролизовать 6 г эфира?

10. Соединение содержит водород, массовая доля – 6,33; углерод, массовая доля – 15,19; кислород, массовая доля - 60,76, и еще один элемент, число атомов которого в молекуле равно числу атомов углерода. Определите, что это за соединение, к какому классу оно относится и как ведет себя при нагревании.

11. Предсказанный на основании теории строения и полученный А.М. Бутлеровым углеводород А пропустили над алюмо-хромовым катализатором дегидрирования при 450° С, при этом получилось два горючих газа: более летучий Б и менее летучий В. Газ В пропустили через водный раствор серной кислоты с массовой долей 64%. Происходит катализируемая кислотой димеризация вещества В, подчиняющаяся правилу Марковникова. В результате этой реакции образуется смесь двух изомерных жидких продуктов Г и Д с относительной молекулярной массой примерно вдвое большей, чем у исходного А. Продукты Г и Д после отделения от раствора кислоты и высушивания подвергли обработке горючим газом Б в

присутствии катализатора – скелетного никеля. Из Г и Д образовалось одно и то же вещество Е, находящее применение как эталон автомобильного горючего с октановым числом 100. Дайте названия веществам А, Б, В, Г, Д и Е. Напишите схемы происходящих реакций.

12. Некоторое количество углеводорода состава  $C_nH_{2n-2}$  дает с избытком хлора 21,0 г тетрахлорида. То же количество углеводорода с избытком брома дает 38,8 г тетрабромиды. Выведите молекулярную формулу этого углеводорода и напишите его возможные структурные формулы.

13. При полном гидролизе смеси карбидов кальция и алюминия образуется смесь газов, которая в 1,6 раз легче кислорода. Определите массовые доли карбидов в исходной смеси.

14. При гидрировании ацетиленом объемом 672 мл (н.у.) получили смесь этана и этилена, которая обесцвечивает раствор брома в тетрахлориде углерода массой 40 г, массовая доля брома в котором составляет 4%. Определите количество этана и этилена в смеси и их мольные доли.

15. Через последовательно соединенные электролизеры с инертными электродами, содержащие: первый – раствор хлорида бария, второй – раствор сульфата калия с одинаковыми количествами веществ, пропускают электрический ток. Электролиз прекратили, когда проба раствора из первого электролизера после подкисления ее избытком азотной кислоты перестала давать осадок с раствором нитрата серебра, а на аноде этого электролизера выделилось 1,12 л газа. Полученные в результате электролиза растворы смешали. Определите состав и массу выпавшего осадка.

16. При сгорании 1 моль метана выделяется 802 кДж тепла. Какой объем метана нужно сжечь (при н.у.), чтобы нагреть кусок меди массой 100 г от 20 до 50°C? Удельная теплоемкость меди 0,38 кДж/кг °С.

17. Жидкость А реагирует с фенолом в присутствии NaOH по схеме  $A + 2 C_6H_5OH$ , образуя ароматическое вещество Б (температура кипения меньше, чем у фенола), не дающее окрашивания с  $FeCl_3$ ; образуется также сульфат натрия. Сульфат натрия и метанол образуются и при нагревании А с водным NaOH. На основании данных условия задачи установите структуру вещества А; ответ обоснуйте.

18. Некоторый альдегид Б является следующим за альдегидом А в гомологическом ряду альдегидов. 19 г альдегида Б прибавили к 100 г водного раствора альдегида А с массовой долей последнего 23%. Добавление аммиачного раствора  $AgNO_3$  к 2 г раствора альдегидов вызывает выделение 4,35 г серебра.

19. Газы, образовавшиеся при полном сгорании ацетиленом и пропеном объемом 1,12 л (н.у.), пропущены через раствор гидроксида калия объемом 0,3 л, молярная концентрация которого равна 0,5 моль/л. Полученный при этом раствор может поглотить еще 0,448 л диоксида углерода. Определите состав исходной смеси в процентах по объему.

20. Для проведения некоторых химических реакций в лаборатории необходимо иметь «абсолютный спирт», практически не содержащий воды.

Как можно его приготовить из обычного спирта – ректификата, содержащего около 4% влаги?

21. 30 мл пропан-бутановой смеси смешали в эвдиометре с 200 мл кислорода и взорвали. До взрыва реакционная смесь имела температуру 127°С и нормальное давление. После приведения условий к исходным объем газов в эвдиометре составил 270 мл. Какой состав в объемных процентах имеет пропан-бутановая смесь?

22. Прокалили 17,5 г нитрата неизвестного металла в атмосфере инертного газа. Летучие продукты собрали и охладили. При этом образовалось 13,5 г 70%-го раствора азотной кислоты. Установите формулу нитрата.

23. Смесь, состоящую из метана и кислорода, взорвали. После приведения к первоначальным (комнатным) условиям оказалось, что плотность увеличилась в полтора раза (по сравнению с плотностью исходной смеси). Пропускание продуктов через избыток раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  дает 13 мл непоглотившегося газа.

Рассчитайте:

а) состав смесей до и после взрыва (по объему);

б) объем исходной смеси.

Приведите уравнения реакций.

24. В избытке кислорода сожгли 1,00 г 10%-ного раствора неизвестного вещества в ледяной уксусной кислоте, причем израсходовали 672 мл кислорода (н.у.). При этом образовались только вода (0,569 мл) и углекислый газ (708 мл при н.у.). Раствор какого вещества сожгли? С какими из предложенных веществ оно способно реагировать:  $\text{KOH}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ ? Напишите уравнения реакций.

25. На нейтрализацию 4,36 г смеси муравьиной, уксусной и щавелевой кислот расходуется 45 см<sup>3</sup> 2 н раствора щелочи. При полном окислении такой же навески образуется 2464 см<sup>3</sup> углекислого газа (н.у.). В каком молярном отношении смешаны кислоты?

26. Объем углекислого газа, образовавшегося в результате сжигания углеводорода с относительной плотностью по водороду менее 25, составляет 4/7 суммы объемов прореагировавших углеводорода и кислорода. Какова формула углеводорода?

27. Через горячий 10%-ный раствор муравьиной кислоты массой 75 г пропускали газообразный хлор до тех пор, пока массовые доли обеих кислот в растворе не стали равными. Определите массу образовавшихся кислот.

28. В XVI в. немецкий химик Андреас Либавий нагреванием серебристой жидкости с порошком  $\text{HgCl}_2$  и последующей конденсацией выделяющихся паров получил тяжелую ( $\rho = 2,23 \text{ г/см}^3$ ) прозрачную жидкость, которую назвал «спирт сулемы». При действии сероводорода на «спирт сулемы» образуются золотисто-желтые пластинки, называемые «сусальным золотом», причем 1 объем «спирта сулемы» может прореагировать с 383 объемами сероводорода (н.у.). Если же подействовать на «спирт сулемы»

водным раствором аммиака, то образуется белый осадок гидроксосоединения, обладающего амфотерными свойствами.

1) Что представляют собой исходная серебристая жидкость, которую использовал Либавий, «спирт сулемы», а также «сусальное золото»?

2) Можно ли отнести «спирт сулемы» к полярным растворителям? Почему?

3) Напишите уравнения всех упомянутых в условии химических реакций.

29. На Международном конгрессе химиков в 1860 году было принято следующее определение: «Молекула – это наименьшее количество вещества, участвующее в реакции». В настоящее время удается получить молекулярный хлорид натрия – в виде отдельных молекул, изолированных в твердом аргоне при температуре около 10 К (-263°C).

1) Как может отличаться химическая активность молекулярного и кристаллического хлорида натрия в реакциях без участия растворителей (при одинаковых условиях)?

2) Каковы возможные причины такого отличия?

30. Х.А. Армстронг, автор статьи «Химия», помещенной в девятом издании «Британской энциклопедии» (1878), писал, что Менделеев предложил для атомного веса урана значение 240 вместо старого значения 120, установленного Берцелиусом. При этом Армстронг отдавал предпочтение третьему значению, равному 180. Как теперь известно, прав был Менделеев. Истинная формула урановой смолки –  $U_3O_8$ . Какую формулу могли бы написать для этого минерала Берцелиус и Армстронг?

31. А.Е. Фаворский в 1887 г. провел следующие исследования:

а) при взаимодействии 2,2-дихлорбутана с порошкообразным КОН образовался углеводород состава  $C_4H_6$ , который при обработке аммиачным раствором оксида серебра дал серебряное производное;

б) при обработке 2,2-дихлорбутана спиртовым раствором щелочи образовался углеводород того же состава, но не вступающий в реакцию с аммиачным раствором оксида серебра. Дайте объяснения этим явлениям.

32. Первая мировая война. На Западном фронте в Бельгии, вдоль реки Ипр, все атаки германской армии отражались хорошо организованной обороной англо-французских войск. 22 апреля 1915 г. в 17 часов со стороны немецких позиций между пунктами Биксшуте и Лангемарк над поверхностью земли появилась полоса белесовато-зеленого тумана, который через 5-8 мин продвинулся на тысячу метров и бесшумной гигантской волной накрыл позиции французских войск. В результате газовой атаки было отравлено 15 тыс. человек, из которых свыше 5 тыс. умерли на поле боя, а половина оставшихся в живых стали инвалидами. Эта атака, показавшая эффективность нового вида оружия, вошла в историю как «черный день у Ипра» и считается началом химической войны.

1) Напишите структурную (графическую) формулу вещества, примененного в этой газовой атаке. Если какие-либо атомы имеют неподеленные электронные пары, отметьте их.

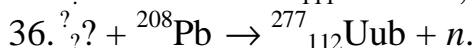
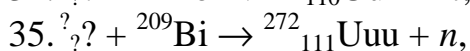
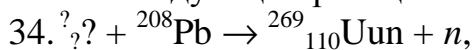
2) Приведите название описанного вещества по систематической номенклатуре. Укажите другие его названия (тривиальные и пр.).

3) Напишите уравнения реакции, по которой к настоящему времени произведено основное количество этого вещества. Укажите условия проведения технологического процесса синтеза.

4) Составьте уравнения реакций взаимодействия этого вещества с водой, с водным раствором гидроксида натрия.

5) Предложите два доступных в полевых условиях способа дегазации этого вещества, приняв во внимание, что разведение открытого огня не может оказать защитного действия.

33. Элементы с порядковыми номерами 110-112 были открыты в 1994-1996 годах на ускорителе тяжелых ионов в г. Дармштадте (Германия) в количестве одного, трех и одного атомов соответственно. Новые элементы образовались при бомбардировке ионами свинцовой и висмутовой мишеней в результате следующих реакций:



Составьте полные уравнения ядерных реакций, заменив знаки вопроса соответствующими числами или символами химических элементов.

Объясните, что означают трехбуквенные символы новых элементов.

34. В органической химии многие реакции носят имена ученых, их открывших. Напишите уравнения следующих реакций с указанием условий их проведения (по одному конкретному примеру для каждой реакции): 1) восстановление по Зинину; 2) гидратация по Кучерову; 3) окисление по Прилежаеву; 4) нитрование по Коновалову; 5) окисление по Байеру-Вагнеру-Виллигеру; 6) галогенирование по Геллю-Фольгарду-Зелинскому.

### Примеры заданий теоретического тура для 11 класса

**Задача 1.** При взаимодействии определенного количества некоторого металла с 20 %-ным раствором серной кислоты объемом 214,91 мл ( $\rho = 1,14$  г/мл) образовался 22,53 %-ный раствор сульфата. Металл и серная кислота взяты в стехиометрических соотношениях. Это же количество металла полностью взаимодействует с раствором гидроксида натрия массой 80 г. вычислите массовую долю образовавшегося при этом вещества. Определите, какой взят металл.

Решение:

Найдем массу раствора и содержание в нем серной кислоты:

$$m(\text{раствора}) = V \cdot \rho = 214,91 \text{ мл} \cdot 1,14 \text{ г/мл} = 245 \text{ г},$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{раствора}) \cdot W(\text{H}_2\text{SO}_4) = 245 \text{ г} \cdot 0,2 = 49 \text{ г}.$$

Найдем химическое количество серной кислоты:

$$N(\text{H}_2\text{SO}_4) = m/M = 49 \text{ г} / 98 \text{ г/моль} = 0,5 \text{ моль}$$

В этом количестве кислоты содержится водород массой 1 г ( $49 \cdot 2 : 98$ ).

Пусть масса металла  $x$  г. Тогда масса конечного раствора равна:

$$245 \text{ г} - 1 \text{ г} + x \text{ г} = (244 + x) \text{ г}$$

Масса соли в растворе:

$$49 \text{ г} - 1 \text{ г} + x \text{ г} = (48 + x) \text{ г}.$$

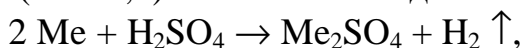
Найдем массу металла:

В растворе массой 100 г содержится соль массой 22,53 г

В растворе массой  $(244 + x) \text{ г}$  -  $(48 + x) \text{ г}$

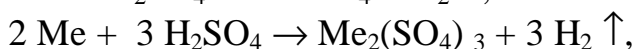
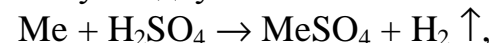
$$x = 9 \text{ г}.$$

С серной кислотой количеством 1 моль реагирует металл массой 18 г ( $9 \cdot 1 : 0,5$ ). Если металл одновалентный:



его молярная масса равна 9 г/моль ( $18 : 2$ ).

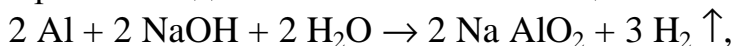
В случае двухвалентного или трехвалентного металла:



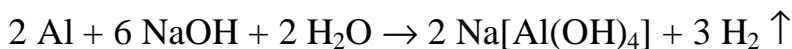
его молярная масса равна соответственно 18 г/моль; 27 г/моль ( $18 \cdot 3 : 2$ ).

Искомый металл – алюминий, так как металлов с молярной массой 9 г/моль и 18 г/моль нет.

При взаимодействии алюминия со щелочью протекает реакция:



точнее



При этом образуется алюминат натрия массой 27,33 г

( $9 \cdot 82 : 27$ , где 82 г/моль – молярная масса  $\text{NaAlO}_2$ ) и выделится водород массой 1 г ( $9 \cdot 6 : 54$ ).

Масса раствора равна:  $80 \text{ г} + 9 \text{ г} - 1 \text{ г} = 88 \text{ г}$ .

Массовая доля алюмината натрия составит:

$$W = 27,33 / 88 = 0,31 \text{ или } 31 \text{ \%}.$$

**Задача 2.** Навеску неизвестного минерала массой 4,42 г прокалили, при этом его масса уменьшилась на 28,05 % и выделилось 0,448 л газа (н.у.) с плотностью по воздуху примерно 1,52. Такую же навеску минерала растворили в серной кислоте, при этом выделилось такое же количество газа. К образовавшемуся голубому раствору, содержащему только один вид катионов и анионов, прибавили избыток раствора сульфида натрия, образовавшийся осадок отфильтровали и прокалили без доступа воздуха. Его масса составила 3,82 г. Определите состав минерала.

Решение:

Голубой цвет раствора указывает на то, что в нем содержатся катионы меди.

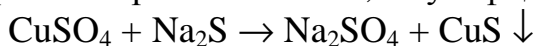
Газ, выделяющийся при прокаливании минерала, имеет молярную массу:

$$M(\text{газа}) = D_{\text{возд}} \cdot M(\text{возд.}) = 1,52 \cdot 29 = 44 \text{ г/моль}$$

Это соответствует молярной массе углекислого газа.

При растворении минерала в кислоте другие газы не выделяются, и образуется раствор, содержащий только один вид анионов, поэтому минерал представляет собой какое-то из карбонатных производных меди.

При смешении раствора, получающегося при взаимодействии минерала с серной кислотой, с сульфидом натрия, протекает реакция:



Рассчитаем химическое количество сульфида меди (II):

$$n(\text{CuS}) = m/M = 3,82 / 95,5 = 0,04 \text{ моль}$$

При прокаливании минерала образуется остаток массой  $4,42 \text{ г} \cdot 0,7195 = 3,18 \text{ г}$ , в состав которого входит медь.

Предположим, что количество вещества остатка равно количеству вещества меди.

Получаем  $M=79,5 \text{ г/моль}$ , что соответствует молярной массе оксида меди. Еще  $0,02 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 0,88 \text{ г}$  приходится на долю выделившегося углекислого газа. В сумме это составляет  $4,06 \text{ г}$ . оставшееся вещество массой  $0,36 \text{ г}$  улетучивается при прокаливании минерала, но не представляющее собой газ, может быть только водой ( $0,02 \text{ моля}$ ).

Состав минерала равен:

$0,04 \text{ моль CuO}$  ,  $0,02 \text{ моль CO}_2$  ,  $0,02 \text{ моль H}_2\text{O}$  т.е.



Это малахит.

**Задача 3.** При внесении в воду  $10 \text{ г}$  твердого, дымящегося на воздухе белого вещества выделяется  $5,0910 \text{ л}$  газа (при н.у.).

1) Установите формулу этого вещества. Ответ подтвердите расчетом (растворимостью газа пренебречь).

2) Будет ли это вещество реагировать с водными растворами гидроксида натрия, карбоната натрия, гидрофосфата натрия и стеарата натрия? Напишите уравнения возможных реакций.

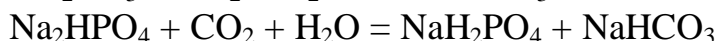
Решение:

Примем молярную массу вещества за  $M$ . Тогда можно составить пропорцию:

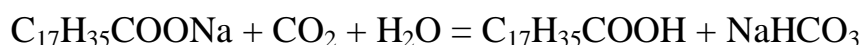
$M \text{ г}$  вещества выделяют  $n \cdot 22,4 \text{ л}$  газа

$10 \text{ г}$  вещества выделяют  $5,0910 \text{ л}$  газа

1. Из этого следует, что молярная масса вещества  $M = 44 n \text{ г}$ . Этому условию при  $n=1$  соответствуют вещества  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ , окись этилена. При обычных условиях ни одно из этих веществ не удовлетворяет условиям задачи. Однако в технике и промышленности используется легко превращающийся в твердое состояние диоксид углерода («сухой лед»). Именно он полностью отвечает условиям задачи (при расчетах растворимостью газа пренебрегаем).



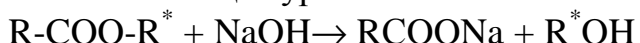




**Задача 4.** Сложный эфир образован предельной карбоновой кислотой и предельным одноатомным спиртом, причем число атомов углерода в молекулах кислоты и спирта одинаково. Для омыления 34,8 г эфира потребовалось 50 мл водного раствора гидроксида натрия с массовой долей NaOH 20 % и плотностью 1,2. Определите, какие кислота и спирт использовались для синтеза эфира, приведите формулу этого эфира.

Решение:

Составим общее уравнение омыления сложного эфира:



Как видно из уравнения реакции, для омыления одного моля эфира требуется один моль щелочи. Найдем число моль щелочи, определив тем самым число моль эфира:

$$m_{NaOH} = V \cdot \rho \cdot \nu = 50 \cdot 1,2 \cdot 0,2 = 12 \text{ г}$$

$$\nu_{NaOH} = \nu_{эфира} = 12/40 = 0,3 \text{ моль}$$

$$M_{эфира} = m/\nu = 34,8/0,3 = 116 \text{ г/моль}$$

Вычтем из полученной молярной массы эфира молярную массу сложноэфирной группы (COO-), равную 44 г/моль, и получим 72 г/моль. Это молярная масса углеводородных радикалов кислоты и спирта (R и R\*), образующих данный эфир.

При данном значении молярной массы единственно возможное соотношение углерода и водорода в радикалах: 5 атомов углерода и 12 атомов водорода. Из условия задачи следует, что число атомов углерода в молекулах кислоты и спирта, образующих данный сложный эфир, одинаково. В состав сложноэфирной группы входит один атом углерода (он перешел из молекулы кислоты), пять атомов в составе углеводородных радикалов. Следовательно, молекулы исходных кислоты и спирта содержали по три атома углерода. Искомый эфир:  $C_2H_5-COOC_3H_7$ .

**Задача 5.** «Азотносеребряная соль  $AgNO_3$ , известная в практике под именем ляпис (*lapis infernalis*), получается растворением в азотной кислоте металлического серебра. Если для растворения взято нечистое серебро, то в растворе получается смесь азотномедной и азотносеребряной солей. Если такую смесь испарить досуха, а затем остаток осторожно сплавить до температуры начала каления, то вся азотномедная соль разлагается, а большинство азотносеребряной соли не изменяется. Обработывая сплавленную массу водой, извлекают эту последнюю, тогда как окись меди остается нерастворимой» (Д.И. Менделеев. Основы химии. Т.2.- М.; Л., 1947.- С.303-304).

1. Напишите уравнения реакций, происходящих:

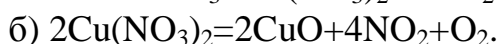
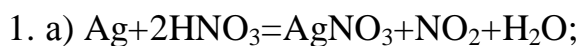
а) при растворении «нечистого серебра» в концентрированной азотной кислоте;

б) при прокаливании сухого остатка.

2. Определите содержание серебра (массовая доля в %), если для растворения было взято 2,000 г «нечистого серебра», а масса остатка, полученного в результате прокаливания, составила 3,069 г.

3. Определите массу осадка, образующегося при добавлении избытка раствора хлорида натрия к раствору 2,000 г «нечистого серебра» в азотной кислоте.

Решение:



2. Масса серебра в исходном сплаве –  $x$  г, тогда масса меди –  $(2-x)$  г.

Количество серебра:

$\nu(\text{Ag}) = x/107,87$  (моль) и равно количеству образующегося нитрата серебра.

Количество меди:

$\nu(\text{Cu}) = (2-x)/63,55$  (моль) и равно количеству образующегося оксида меди.

Масса нитрата серебра:  $169x/107,87 = 1,575x$  (г).

Масса оксида меди:  $79,55(2-x)/63,55 = 2,504 - 1,252x$  (г).

Общая масса сухого остатка после прокаливания:

$m(\text{AgNO}_3) + m(\text{CuO}) = 1,575x + 2,504 - 1,252x = 2,504 - 0,323x$  (г).

По условию масса остатка после прокаливания равна 3,069 г, тогда  $2,504 - 0,323x = 3,069$ ,

$x = 1,749$  (г);

$1,75:2 \cdot 100 = 87,5$  %.

2. Масса хлорида серебра:  $1,749 \cdot 143,45:108 = 2,323$  г.

### Задания для самостоятельного решения

1. При пропускании озонированного кислорода через раствор йодида калия появляется окраска, а объем пропущенного газа не изменяется. Если тот же озонированный кислород пропускать через раствор пероксида водорода, объем пропущенного газа увеличивается, а оставшаяся жидкость не вызывает окрашивания раствора йодида калия. Объясните описанные процессы, приведите необходимые уравнения реакций. (Температуры газов и жидкостей постоянны.)

2. Как изменится скорость реакции между молекулами оксида азота (II) и кислорода, если в герметичном сосуде, заполненном смесью этих газов в соотношении 2:1, увеличить давление в 3 раза?

3. Некоторые квасцы (кристаллогидрат  $\text{A}^{\text{I+}}\text{B}^{\text{3+}}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ ) содержит 51,76% кислорода и 4,53% водорода. Определите их состав.

4. Бесцветный газ объемом 5,6 л (н.у.) с относительной молекулярной массой на 3,4% меньше, чем у воздуха, сожгли в избытке кислорода. Продукты сгорания пропустили через 10%-ный раствор гидроксида натрия с

плотностью 1,1 г/мл. Какой объем раствора щелочи был взят, если известно, что продукты сгорания исходного газа не содержат воду?

5. Два газа А и Б реагируют при комнатной температуре только в присутствии воды, образуя смесь солей В и Г с одинаковым качественным, но разным количественным составом. Эта смесь при осторожном нагревании выделяет газы Д и Е. Газ Д может реагировать с водородом с образованием А или с избытком кислорода с образованием Б. Определите вещества А - Е, укажите условия проведения упомянутых реакций.

6. Гидролиз  $\text{PCl}_3$  и  $\text{FCl}$  протекает согласно следующим уравнениям:



Объясните, почему в одной реакции образуется  $\text{HCl}$ , а в другой  $\text{HClO}$ ?

7. Если к смеси порошков двух простых веществ А темно-серого цвета и Б серебристо-белого цвета добавить несколько капель жидкости В, то произойдет бурная реакция образования вещества Г. Если вещество Г растворять в избытке раствора гидроксида натрия, то образуется прозрачный раствор. При пропускании в этот раствор хлора выпадает белый осадок Д, а раствор окрашивается в бурый цвет. Если же вещество Г растворять в растворе аммиака, то осадок Д выпадает сразу же. Определите все вещества и напишите уравнения упомянутых реакций.

8. При электролизе расплава 8 г некоторого вещества на аноде выделилось 11,2 л водорода (н.у.). Какое это было вещество? Можно ли провести электролиз его водного раствора?

9. Определите, в каких молярных соотношениях находятся в смеси нитробензол и толуол, если при окислении смеси  $\text{KMnO}_4$  масса исходной смеси увеличивается на 6 г, а при восстановлении – уменьшается на 3 г.

10. В двух одинаковых замкнутых сосудах, заполненных соответственно кислородом и азотом, прокалили по 7,13 г карбоната двухвалентного металла. После окончания реакции и приведения сосудов к первоначальным условиям оказалось, что давление в обоих сосудах увеличилось. Отношение изменения давления в первом и втором сосудах равно 0,833. Масса твердого остатка в первом сосуде оказалась равной 4,81 г. Определите, карбонат какого металла подвергли прокаливанию.

11. Газы, образующиеся при электролизе уксусной кислоты, пропустили через промывную склянку, заполненную концентрированным раствором гидроксида калия, масса которого равна 64,274 г. После окончания электролиза масса жидкости в промывной склянке возросла до 69,486 г. Напишите уравнения реакций, происходящих при электролизе, если известно, что электроды изготовлены из платины. Вычислите, сколько литров этана (н.у.) выделится в результате этого процесса?

12. Пары образца органического вещества массой 2,7764 г при температуре  $220^\circ\text{C}$  и давлении 747 мм. рт. ст. занимают объем 840 мл. Согласно результатам анализа вещество содержит 70,70% углерода, 5,88% водорода и 23,52% кислорода. Установите молекулярную формулу исследуемого вещества и предложите его структурную формулу.

13. К 1,17 г смеси пропанола-1 и неизвестного альдегида добавили аммиачный раствор 5,8 г оксида серебра и слегка нагрели. Выпавший при этом осадок отфильтровали, а не прореагировавший оксид серебра перевели в хлорид серебра, масса которого оказалась равной 2,87 г. Определите строение взятого альдегида, если молярное отношение альдегида к спирту в исходной смеси равно 3:1.

14. При приливании раствора, содержащего 1,02 г соли сероводородной кислоты, к раствору, содержащему 2,7 г хлорида двухвалентного металла, выпало 1,92 г осадка. Какие соли взяты для проведения реакции, если они прореагировали полностью?

15. При термическом разложении бесцветного кристаллического вещества А (400 К) получены только газообразные продукты. После охлаждения до 273 К объем газов уменьшился более чем в три раза. Оставшийся газ Б разбавили для замедления реакции аргоном и полученную смесь пропустили над раскаленными магниевыми стружками. Затем магниевые стружки обработали водяным паром и получили газ В, объем которого в два раза больше объема газа Б. При взаимодействии газа В с азотной кислотой получается вещество Г, имеющее тот же качественный состав, что и вещество А.

Назовите вещества А, Б, В, Г.

Предполагая, что все описанные реакции протекают количественно, напишите, как изменится условие задачи при замене вещества А на вещество Г.

Напишите уравнения всех реакций.

16. Имеется сплав двух металлов, взятых в молярном соотношении 1:1. При растворении в избытке соляной кислоты навески сплава массой 1,02 г или при обработке 1,7 г сплава избытком нагретого раствора NaOH получается один и тот же объем водорода (1120 мл). Из каких металлов состоит сплав, каков его процентный состав? Что можно сказать о химических свойствах этих металлов, исходя из положения в периодической системе Д.И. Менделеева?

17. Две пластинки одинаковой массы изготовлены из одного металла, степень окисления которого в соединениях равна двум. Пластинки опустили в растворы солей меди и серебра одинаковой молярной концентрации; через некоторое время вынули, высушили и взвесили (при этом весь выделенный металл осел на пластинках). Масса первой пластинки увеличилась на 0,8%, второй – на 16%. Из какого металла изготовлены пластинки?

18. Образец, содержащий хлориды натрия и калия, имеет массу 25 г. К водному раствору образца прибавили 840 мл раствора  $\text{AgNO}_3$  (0,5 моль/л). Осадок отфильтровали, после чего опустили в раствор пластинку массой 100,00 г. Через некоторое время масса пластинки составила 101,52 г. Рассчитайте массовые доли компонентов исходной смеси.

19. Гидрирование непредельного одноатомного спирта с одной двойной связью привело к образованию соединения, в котором массовые доли углерода и кислорода снизились на 1,59% и 0,42 %, соответственно, по

сравнению с исходным. При озонировании исходного спирта получается этаналь и кетоспирт.

Установите структурную формулу исходного спирта. Ответ подтвердите расчетами. Напишите схему озонлиза исходного спирта.

20. Оксид меди (II) массой 20 г обработали эквивалентным количеством теплого 20%-го раствора серной кислоты; при этом образовался сульфат меди (II). Сколько граммов кристаллогидрата медного купороса можно получить при охлаждении раствора до 20°C? Растворимость  $\text{CuSO}_4$  при 20°C:  $S=20,9$  г в 100 г воды.

21. Два юных химика исследовали взаимодействие раствора сульфида калия с раствором дихромата калия. Один из них получил осадок, нерастворимый в разбавленной серной кислоте, но растворяющийся при нагревании в концентрированной азотной кислоте. Второй – осадок, частично растворимый в разбавленной серной кислоте. Как можно объяснить разные результаты, если известно, что все наблюдения правильны?

22. Соль одновалентного металла массой 74,4 г нагрели в закрытом сосуде, при этом получилось 26,8 мл бесцветной жидкости с концентрацией вещества 11,2 моль/л. Определите формулу соли, если известно, что она содержит металл, водород, 25,8% серы и 51,61% кислорода.

23. Химик, исследуя свойства карбонила железа А, полученного нагреванием железа в атмосфере СО, обнаружил, что на свету из него выделяются желтые кристаллы. При действии на некоторое количество этих кристаллов разбавленной серной кислоты выделяется 0,123 л газа Б, а из раствора при осторожном выпаривании можно получить 0,278 г зеленых кристаллов В. О каких веществах идет речь?

24. Кристаллогидрат соли металла массой 8,22 г с общей формулой  $\text{MSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  был растворен в 50 мл воды. Измеренная через некоторое время массовая доля вещества в растворе оказалась равной 8,51%. Определите, о каком металле идет речь.

25. При осторожном действии воды на бинарное соединение А, образованное двумя неметаллами, получается высший оксид Б (белое кристаллическое вещество) и летучее водородное соединение В. Действие на А избытка воды приводит к В и Г. Окисление А кислородом дает Б и газ Д, имеющий плотность вдвое большую, чем кислород. Д реагирует с В в объемном отношении 1:2, образуя воду и простое вещество Е, которое также может быть получено при осторожном окислении В. Назовите все упомянутые вещества и приведите уравнения химических реакций.

26. При взаимодействии двух твердых веществ А с массой 9,79 г и Б с массой 3,61 г в присутствии следов воды образуется 4,42 л газообразного продукта, имеющего плотность 0,771 г/л (по справочным данным). Нагревание другой такой же навески вещества А с двукратным избытком оксида кальция дает 1,7 г азота. Столько же газа образуется при добавлении по каплям бромоводородной кислоты к 3,61 г вещества Б до прекращения реакции. О каких веществах идет речь в

задаче, если известно, что во всех трех случаях образуется один и тот же газообразный и твердый продукт?

27. 0,96 г металла А нагрели до белого каления в открытом тигле, в результате получили смесь веществ Б и В. При растворении полученной смеси в концентрированной соляной кислоте образовалась смесь веществ Г и Д. При разбавлении полученного раствора водой выпадает осадок Е, вещество Г остается в растворе. Вещество Е растворяется в растворе аммиака с образованием вещества К. Если через полученный раствор пропустить ацетилен, выпадет 0,76 г бурого осадка З. Напишите уравнения происходящих реакций. Сколько образовалось вещества Б?

28. Вещество Х растворили в воде и подвергли электролизу с инертными электродами. Газы при этом не выделились, но по окончании электролиза оба электрода увеличили свою массу, причем привес катода был в 1,79 раза больше, чем анода, а общее изменение массы электродов равно массе взятого вещества Х. Вещество У, отложившееся на аноде, растворили в разбавленной серной кислоте и вновь подвергли электролизу, при этом на аноде выделился кислород, на катоде – то же вещество, что и в первом опыте, но вдвое меньшем количестве. Определите, что такое Х и У, объясните результаты экспериментов.

29. 74,4 г соли одновалентного металла нагрели в закрытом сосуде, при этом получилось 26,8 мл бесцветного вещества (раствора) с концентрацией 11,2 моль/л. Определите формулу соли, если известно, что она содержит металл, водород, 25,8% серы и 51,61% кислорода.

30. Навеску порошка золотистого цвета массой 3,0000 г поместили в избыток концентрированной азотной кислоты и нагревали в течение часа. На растворение было израсходовано 16,940 г 63,0%-ной азотной кислоты. В процессе реакции выделился бурый газ, образовался голубой раствор и белый осадок, который отфильтровали. Полученный раствор нейтрализовали и разделили на две равные части. При обработке первой части избытком серной кислоты выделилось 0,0440 г белого осадка, чернеющего при погружении в концентрированный раствор сульфида калия. После приливания ко второй части фильтрата избытка раствора сульфида калия выделилось 1,8410 г черного осадка.

А) Определите качественный и количественный состав исходного вещества.

Б) Запишите уравнения проведенных реакций.

31. Химия какого элемента представлена уравнениями, зашифрованными буквами:

- 1)  $2A_T + B_T = B_T$ ;
- 2)  $2B + 2H_2O = 4G_T + B$ ;
- 3)  $B + 2A_{\text{спл}} = 2D_T$ ;
- 4)  $D + H_2O = 2G$ ;
- 5)  $2A + H_2O = Ж_T + 2G$ ;
- 6)  $2Ж + B = ?$ ;
- 7)  $2A + Ж = 2И_T$ ;

- 8)  $I + H_2O = Ж + Г$ ;  
 9)  $2Г + 2A_{\text{спл}} = 2Д + Ж$ ;  
 10)  $B + Б = 2E$  ( $500^\circ\text{C}$ ,  $300 \text{ атм}$ );  
 11)  $2E + 2 H_2O + 2Г + Б + H_2O_2$ .

Напишите эти уравнения. Приведите необходимые обоснования.

34. В старинной английской книге приводится следующий рецепт приготовления жавелевой воды: «Фунт соды обрабатывают в керамической посуде пинтой кипятка. Отдельно размешивают полфунта хлорной извести в двух пинтах холодной воды, настаивают в течение часа и сливают отстой с осадка. Объединив полученные растворы, выдерживают их некоторое время, а затем декантируют. Полученную жавелевую воду хранят в темном месте».

1) Какие компоненты содержатся в воде, полученной по приведенному рецепту? Какой компонент можно назвать действующим началом жавелевой воды? Почему при хранении на воздухе хлорная известь теряет способность растворяться в воде? В случае необходимости приведите уравнения реакций.

2) Жавелевая ли вода получается по английскому рецепту?

3) Что такое жавелевая вода и почему она так называется?

4) Оцените массовую долю активного компонента в полученной жавелевой воде с учетом того, что 1 пинта  $\approx$  1,3 фунта.

5) Качество белильных материалов оценивают обычно по количеству хлора, выделившегося под действием соляной кислоты. Содержание такого «активного хлора» выражают в английских ( $^\circ\text{a}$ ) или французских ( $^\circ\text{f}$ ) градусах. В первом случае речь идет о процентном отношении массы выделившегося хлора к массе хлорной извести, а во втором – о числе литров хлора, выделившегося из 1 кг извести. Выведите формулу для пересчета французских градусов в английские и установите содержание «активного хлора» в образце белильной извести состава  $3\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl} \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Напишите уравнение реакции взаимодействия жавелевой воды с соляной кислотой.

6) Белильные растворы лучше получать электролизом раствора поваренной соли. В частности, 10 %-ный раствор соли легко дает белильную жидкость, содержащую 1 % «активного хлора». Напишите уравнения происходящих при электролизе процессов, укажите условия проведения электролиза и установите, какая доля поваренной соли подвергается электролизу, считая выход по току 100 %-ным. Как изменится качественный состав продуктов электролиза, если взять 1 %-ный раствор хлорида натрия?

35. В «Учебнике неорганической химии по новейшим воззрениям», автор – профессор Бреславского университета В. Рихтер; издание г. С.-Петербурга, 1887 года, читаем (цитата приводится в соответствии с современной грамматикой русского языка):

«Перекись марганца ... встречается в природе в виде темно-серых волокнистых масс или почти черных ромбических призмах с металлическим блеском и называется ... бурый марганцем. При слабом накаливании перекись превращается в окись, а при сильном в закись-окись марганца, вследствие чего она часто употребляется для добывания кислорода. В самом

сильном бело-калильном жаре получается закись марганца. При нагревании с соляной кислотой она [перекись марганца] выделяет хлор. Искусственным путем перекись марганца получается прокаливанием азотнокислой закиси марганца до 150-160°C».

1) Назовите, как в соответствии с современной номенклатурой называются перекись марганца, закись марганца, окись марганца, закись-окись марганца и азотнокислая закись марганца.

2) Запишите формулы указанных соединений и уравнения упомянутых в приведенной цитате реакций.

3) Каково современное название минерала «бурого марганца»?

4) Какие соединения марганца могут входить в состав минерала родонита?

36. В «Основах химии» Д.И. Менделеева читаем о химии цинка: «Слабая серная кислота, отвечающая  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , почти вовсе не действует на химически чистый цинк при обыкновенной температуре. Так, 1 куб. см в 100 куб. см кислоты растворяет в течение 2 часов только около 3,5 г. Если сравним с этим медленным действием ту быструю реакцию, какая существует при употреблении продажного цинка, то увидим, как велико здесь влияние тех...

В обыкновенной продажной серноцинковой соли нередко находится подмесь изоморфной серножелезистой соли. Для отделения ее в раствор нечистой соли пропускают хлор, затем к раствору, прокипятивши его, прибавляют окись цинка».

1) Какова массовая доля кислоты в растворе, имеющем состав  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ?

2) Рассчитайте массовую долю «серноцинковой соли» в растворе, полученном в опыте по химическому растворению цинка. Плотность серной кислоты 1,33 г/см<sup>3</sup>.

3) Почему химически чистый и продажный цинк по-разному реагируют с кислотой? Закончите, по возможности лаконично, мысль Менделеева.

4) Что такое «серножелезистая» и «серножелезная» соли? Будет ли «серножелезная» соль изоморфна «серноцинковой» соли?

5) Поясните суть операции по очистке «серноцинковой» соли, сопроводив ответ уравнениями реакций.

6) Будет ли что-либо происходить, если кусочки цинка внести в крепкий раствор хромовых квасцов? Приведите необходимые уравнения.

37. «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°, 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 в дезинфекции, особенно при хирургических операциях, для сохранения образцов животных, при бальзамировании и т.п.».

- 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).

### **Список использованной литературы**

1. Свитанько И.В. Нестандартные задачи по химии. - М.: «МИРОС», 1995.
2. Шамова М.О. Учимся решать задачи по химии: Технология и алгоритмы решения.- М.: «Школа-Пресс», 2001.
3. Зубович Е.Н., Асадник В.Н. Химия. Решение задач повышенной сложности.- Минск: Книжный Дом, 2004.
4. Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А. Химия (для школьников старших классов и поступающих в вузы). – М.: Дрофа, 1995.
5. Сборник олимпиадных задач по химии // Т.Т. Адамович, Г.И. Васильева, С.А. Мечковский и др. – Минск: Народная асвета, 1980.
6. 500 задач по химии. – М.: Просвещение, 1981.

# ОЛИМПИАДНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ХИМИИ

Сборник

**Составители:**

Глазкова О.В.

Лазарева О.П.

**Редакторы:**

Фадеева В.И, Живова М.И.

**Корректор:**

Живова М.И.

Лицензия ЛР № 040313

Подписано в печать    Печать офсетная

Формат    Печ. л.    Усл. печ. л.

Тираж экз.    Заказ

Цена договорная.

Мордовский республиканский институт образования  
430027, г. Саранск, ул. Транспортная, 19

Отпечатано в «Мордовиястат»  
430000, г. Саранск, ул. пр. Ленина, 14, каб. 101