

Министерство образования и науки УР
АОУ ДПО УР «Институт развития образования»
Муниципальный этап ВсОШ по химии 2023-2024 учебный год
г. Ижевск
9 класс

Максимальное количество баллов – 90

Решение задачи № 1

1. Зависимость скорости химической реакции от температуры выражается правилом Вант-Гоффа: *при повышении температуры на 10 градусов скорость химической реакции увеличивается в 2-4раза.*

$$v_2 = v_1 \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}},$$

где v_2 – скорость реакции при температуре T_2 ,

v_1 – скорость реакции при температуре T_1 ,

γ – температурный коэффициент скорости реакции.

.....**2,0 балла**

Скорость протекания реакции обратно пропорциональна времени ее протекания:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\tau_1}{\tau_2} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

.....**2,0 балла**

$$\tau_1 = \tau_2 \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = 90 \text{ мин} \times 2,5^4 = 90 \text{ мин} \times 39 = 3515,6 \text{ мин} = 58,6 \text{ ч}$$

.....**2,0 балла**

2. Более универсальным является уравнение Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

где k – константа скорости реакции,

e – основание натурального логарифма,

T – абсолютная температура, К

R – универсальная газовая постоянная, 8,13 Дж/(моль·К),

E_a – энергия активации, Дж/моль,

A – предэкспоненциальный множитель, показывающий общее число столкновений.

.....**2,0 балла**

3. Ответ «в»**2,0 балла**

Итого за задачу.....10,0 баллов

Решение задачи № 2

1. Уравнения реакций:

1. $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2 \text{NaCl}$
2. $\text{BaSO}_4 + \text{H}_2 = \text{BaS} + 4 \text{H}_2\text{O}$
3. $\text{BaS} + 2 \text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
4. $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
5. $2 \text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
7. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
8. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NaHSO}_4 + \text{S} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
9. $2\text{NaHSO}_4 = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$
10. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3$
11. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

.....**За каждое правильно написанное уравнение 1,0 балл**
Итого 11 × 1,0 балл = 11,0 баллов

2. За правильное название веществ *A – I* по 0,5 балла за каждое

.....**Всего 10 × 0,5 балла = 5,0 баллов**

3. Минерал – тенардит. Получил название в честь французского химика Луи Тенара**1,0 балл**

Кристаллогидрат $A \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – мирабилит или это Глауберова соль. Обнаружена Глаубером в составе минеральных вод.....**1,0 балл**

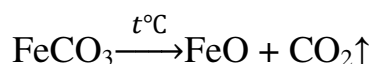
4. *F* – простое вещество сера *S*. Аллотропные модификации:

- ромбическая сера.....**0,5 балла**
- моноклинная сера.....**0,5 балла**
- пластическая сера.....**0,5 балла**
- Наиболее устойчива ромбическая сера, формула S_8**0,5 балла**

Итого за задачу.....20,0 баллов

Решение задачи № 3

Так как оба карбоната образованы двухвалентными металлами, то уравнения их разложения при нагревании будут идентичны: при разложении 1 моль карбоната будет выделяться 1 моль углекислого газа и 1 моль оксида металла



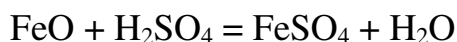
.....**1,0 балл**

Общее количество углекислого газа, образующегося при разложении карбонатов, будет равно сумме количеств веществ исходных карбонатов:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{FeCO}_3) + n(\text{XCO}_3) = 0,100 \text{ моль}$$

.....**1,0 балл**

Реакция растворения оксидов металлов в серной кислоте также будут протекать по схожим уравнениям реакций: каждый моль оксида металла будет давать 1 моль сульфата металла



.....1,0 балл

Реакция взаимодействия раствора сульфата железа(II), образовавшегося после отфильтровывания осадка сульфата неизвестного металла (фильтрат), с перманганатом калия в сернокислой среде протекает по уравнению:



.....3,0 балла

На основании данного уравнения рассчитаем количество вещества сульфата железа по известному количеству перманганата калия:

$$\begin{aligned} n(\text{KMnO}_4) &= \frac{\omega(\text{KMnO}_4) \times V(p. \text{KMnO}_4) \times \rho(p. \text{KMnO}_4)}{100\% \times M(\text{KMnO}_4)} = \\ &= \frac{6,00 \times 25,28 \text{ мл} \times 1,0414 \text{ г/мл}}{100\% \times 158,04 \text{ г/моль}} = 0,010 \text{ моль} \end{aligned}$$

.....2,0 балла

$$n(\text{FeSO}_4) = n(\text{KMnO}_4) \times 5 = 0,050 \text{ моль}$$

.....1,0 балл

В соответствии с уравнениями реакций:

$$n(\text{FeSO}_4) = n(\text{FeO}) = n(\text{FeCO}_3) = 0,050 \text{ моль}$$

.....1,0 балл

Для соединений неизвестного металла:

$$n(\text{XCO}_3) = n(\text{XO}) = n(\text{XSO}_4) = n(\text{CO}_2) - n(\text{FeCO}_3) = (0,100 - 0,050) = 0,050 \text{ моль}$$

.....2,0 балла

Определим неизвестный металл исходя из массы и количества его сульфата:

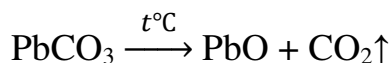
$$M(\text{XSO}_4) = \frac{m(\text{XSO}_4)}{n(\text{XSO}_4)} = \frac{15,163 \text{ г}}{0,050 \text{ моль}} = 303,26 \text{ г/моль}$$

.....1,0 балл

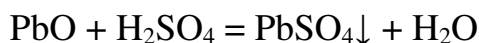
$$M(\text{X}) = M(\text{XSO}_4) - M(\text{SO}_4^{2-}) = (303,26 - 96,06) \text{ г/моль} = 207,20 \text{ г/моль}$$

Искомый металл – свинец Pb1,0 балла

Уравнения реакций для соединений свинца:



.....1,0 балл



.....1,0 балл

Масса карбонатов металлов:

$$m(\text{FeCO}_3) = 0,050 \text{ моль} \times 115,86 \text{ г/моль} = 5,793 \text{ г}$$

$$m(\text{PbCO}_3) = 0,050 \text{ моль} \times 276,21 \text{ г/моль} = 13,361 \text{ г}$$

$$m(\text{смеси}) = (5,793 + 13,811) \text{ г} = 19,154 \text{ г}$$

.....**2,0 балла**

Определим состав смеси в % по массе:

$$\omega(\text{FeCO}_3) = \frac{5,793 \text{ г} \times 100\%}{19,154 \text{ г}} = 30,24\%$$

$$\omega(\text{PbCO}_3) = (100,0 - 30,24)\% = 69,76\%$$

.....**2,0 балла**

Итого за задачу.....20 баллов

Решение задачи № 4

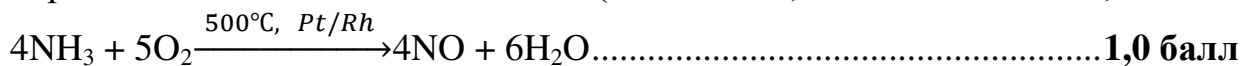
1. Исходя из описания свойств простого вещества, образованного атомами элемента Э, можно однозначно утверждать, что данный элемент – азот N, молекула которого двухатомна N₂.

.....**0,5 балла**

2. Вещество А, образующееся при взаимодействии азота с водородом в указанных условиях – аммиак, массовая доля азота в котором составляет $\omega(N) = \frac{14,00 \times 100\%}{17,03} = 82,21\%$. Полученное значение совпадает с приведенным в условии задачи.**0,5 балла**



3. Окисление аммиака на платиново-родиевом катализаторе протекает с образованием монооксида азота NO (вещество В).....**0,5 балла**



4. NO быстро окисляется до NO₂ (вещество С), массовая доля азота в котором составляет $\omega(N) = \frac{14,00 \times 100\%}{46,00} = 30,43\%$**0,5 балла**



5. При 0°С из NO₂ образуется вещество G, массовая доля азота в котором такая же, как и в NO₂, что свидетельствует о сохранении соотношения атомов кислорода и азота в соединении, следовательно данная реакция представляет собой процесс димеризации диоксида азота.**0,5 балла**



6. Растворение NO₂ в воде в присутствии кислорода приводит к образованию азотной кислоты (вещество D).....**0,5 балла**



7. Взаимодействие азотной кислоты с аммиаком приводит к образованию нитрата аммония (вещество E).**0,5 балла**

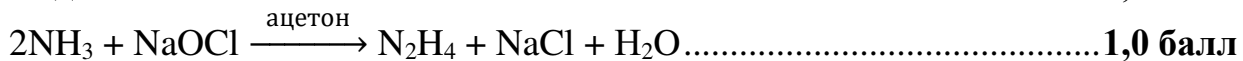


8. Нитрат аммония разлагается при 200°C с образованием закиси азота N₂O (вещество *F*), массовая доля азота в котором составляет $\omega(N) = \frac{14,00 \times 2 \times 100\%}{44,00} = 63,64\%$1,0 балл
 $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{200^\circ\text{C}} \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$0,5 балла
9. Взаимодействие азотной кислоты с водородом при нагревании и повышенном давлении будет приводить к восстановлению азота, массовая доля которого в соединении *H* составляет 42,39%. Определим состав данного вещества, предположив первоначально, что в веществе *H* содержится один атом азота. Тогда $M(H) = \frac{14,00 \times 100\%}{42,39} = 33,03$ г/моль. Молярная масса невелика, что указывает на наличие в составе молекулы помимо атома азота одного атома кислорода и трех атомов водорода. Соединение *H* имеет состав NH₂OH (гидразин)1,0 балла
 $\text{HNO}_3 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$ 1,0 балл
10. Взаимодействие аммиака с CO₂ при нагревании и повышенном давлении приводит к образованию соединения, которое может содержать атомы азота, водорода, углерода и кислорода. Определим состав соединения, предположив первоначально, что в веществе *K* содержится один атом азота. Тогда $M(K) = \frac{14,00 \times 100\%}{46,63} = 30,02 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Такая молярная масса соответствует только монооксиду азота NO, который был зашифрован под буквой *B*. Если вещество *K* содержится два атома азота, то $M(K) = \frac{14,00 \times 2 \times 100\%}{46,63} = 60,05$ г/моль. Такая молярная масса соответствует закиси азота (вещество *F*) или CO(NH₂)₂ (карбамид или мочевины).....1,0 балл
 $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \xrightarrow{P, t^\circ\text{C}} (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$1,0 балл
11. В реакции с Na при -33°C аммиак ведет себя как кислота, что приводит к образованию амида натрия.....1,0 балла
 $2\text{NH}_3 + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2$1,0 балл
12. Взаимодействие NaNH₂ с N₂O, судя по количеству атомов каждого элемента в соединениях, может привести к образованию воды и NaN₃. Для подтверждения данного предположения воспользуемся указанной в задаче массовой долей азота в *P*:
 $\omega(N) = \frac{14,00 \times 3 \times 100\%}{64,99} = 64,63\%$1,0 балл
 $\text{NaNH}_2 + \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{NaN}_3 + \text{H}_2\text{O}$0,5 балла
13. Окисление аммиака гипохлоритом натрия в ацетоне приводит к образованию соединения *L*, которое характеризуется большой массовой долей азота, что позволяет предположить наличие в молекуле этого вещества атомов с низкой относительной массой по сравнению с Ar(N), т.е.

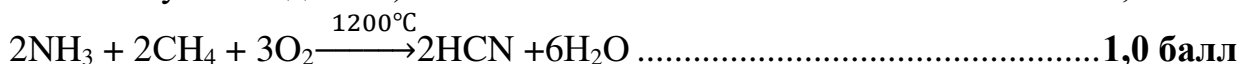
атомов водорода. Припишем веществу условную формулу N_xH_y и определим его состав:

$$x : y = \frac{87,39}{14,00} : \frac{12,61}{1,01} = 6,24 : 12,49 = 1 : 2.$$

Простейшая формула соединения NH_2 . Т.к. такого соединения не существует, удваиваем количество атомов азота и водорода. Полученное соединение L представляет собой N_2H_4 (гидразин) – очень токсичную жидкость..... **1,0 балл**



14. Продукт реакции аммиака с метаном и кислородом при $1200^\circ C$ может содержать атомы азота, водорода, углерода и кислорода, как и мочевины. Проведем расчет, аналогичный тому, что описан в п.10: при одном атоме азота в соединении $M(I) = \frac{14,00 \times 100\%}{51,81} = 27,02 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, что соответствует соединению состава HCN (цианистый водород – чрезвычайно ядовитая, очень летучая жидкость) **1,0 балл**



Итого за задачу.....20 баллов

Решение задачи № 5:

Схема проведения анализа

1. Визуальное наблюдение: 6 солей представляют собой белые кристаллические вещества, одна соль – желто-бурые или красно-коричневые кристаллы, отсыревающие на воздухе, что указывает на гексагидрат хлорида железа(III)..... **0,5 балла**

2. Для проведения анализа приготовим растворы всех солей. Белые кристаллические соли дают бесцветные растворы, хлорид железа(III) – желто-коричневый раствор. **0,5 балла**

3. Добавим раствор хлорида железа(III) к оставшимся 6 растворам солей. В 3-х пробирках изменений не наблюдается. В трех пробирках наблюдаются различные аналитические эффекты:

– в одной образуется малообильный белый кристаллический осадок предположительно хлорида свинца (раствор $Pb(NO_3)_2$); **0,5 балла**

– в другой – бурый осадок предположительно йода (раствор KI); **0,5 балла**

– в третьей – выпадает бурый осадок $(Fe(OH)_3)$ и выделяется газ (CO_2) (раствор Na_2CO_3); **0,5 балла**

4. Проверим наши предположения, проведя дополнительные реакции:

– при смешении растворов нитрата свинца и йодида калия выпадает желтый кристаллический осадок йодида свинца..... **0,5 балла**

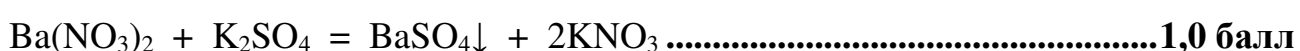
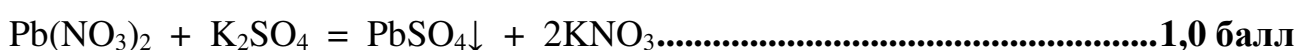
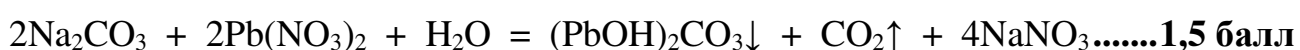
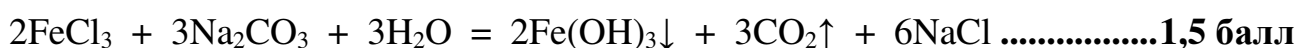
– при смешении растворов нитрата свинца и карбоната натрия выпадает белый кристаллический осадок основного карбоната свинца **0,5 балла**

5. В три неидентифицированных раствора (см. пункт 3) добавляем раствор нитрата свинца: в пробирке с сульфатом калия образуется белый кристаллический осадок сульфата свинца.....**0,5 балла**

6. Раствор сульфата калия вносим в 2 оставшиеся пробирки: в пробирке с нитратом бария образуется белый кристаллический осадок сульфата бария**0,5 балла**

6. В последней пробирке методом исключения определяем хлорид цинка. Дополнительно проводим реакцию раствора хлорида цинка с карбонатом натрия, наблюдая образование белого кристаллического осадка основного карбоната цинка.**0,5 балла**

Уравнение описанных реакций:



	KI	Pb(NO₃)₂	Ba(NO₃)₂	K₂SO₄	ZnCl₂	Na₂CO₃	FeCl₃
KI	–	желт ↓	–	–	–	–	бурый ↓
Pb(NO₃)₂	желт ↓	–	–	бел ↓	бел ↓	белый ↓ + б/цв ↑	бел ↓
Ba(NO₃)₂	–	–	–	бел ↓	–	бел ↓	–
K₂SO₄	–	бел ↓	бел ↓	–	–	–	–
ZnCl₂	–	бел ↓	–	–	–	белый ↓ + б/цв ↑	–
Na₂CO₃	–	белый ↓ + б/цв ↑	бел ↓	–	белый ↓ + б/цв ↑	–	бурый ↓ + б/цв ↑
FeCl₃	бурый ↓	бел ↓	–	–	–	бурый ↓ + б/цв ↑	–

....За каждый верно указанный аналитический признак реакции **0,25 балла**

20 × 0,25 балла = 5,0 балла

Итого за задачу.....20 баллов