

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

- 1.1. Согласно теории Бренстеда-Лоури, частица, в ходе химической реакции отдающая протон, называется **...кислота**, а принимающая протон – **...основание**.
- 1.2. Среда водного раствора Na_2SO_3 **...щелочная**, а водного раствора BaCl_2 – **...нейтральная**.
- 1.3. В атоме железа в основном состоянии количество неспаренных электронов равно **...4**, а в ионе Fe^{2+} **...тоже 4**.
- 1.4. В реакции $2\text{C}_{(\text{тв})} + \text{O}_{2(\text{газ})} = 2\text{CO}_{(\text{газ})} + Q$ установилось химическое равновесие. Если увеличить температуру, то равновесие сместится **...влево**, а если увеличить давление – **...тоже влево**.
- 1.5. Кислотные свойства водородных соединений элементов VIIA группы с увеличением порядкового номера **...усиливаются (возрастают)**, а восстановительные свойства этих соединений **...тоже усиливаются (возрастают)**.
- 1.6. В молекуле COCl_2 гибридизация атома углерода **... sp^2** , а в молекуле CH_2Cl_2 **... sp^3** .
- 1.7. Степени окисления азота в нитрите аммония **...-3 и ...+3**.
- 1.8. При электролизе водного раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ на катоде выделяется **...медь**, а на аноде **...кислород**.
- 1.9. В большинстве химических реакций газообразный кислород выполняет функцию **...окислителя**, а газообразный водород **...восстановителя**.
- 1.10. При сильном нагревании карбоната кальция образуется **...углекислый газ**, а в остатке остается **...оксид кальция**.

Система оценивания:**Каждый правильный ответ по 1 б****всего $1*2*10 = 20$ баллов;****Итого 20 баллов****Часть 2. Качественные задания(общая оценка 40 баллов).**

2.1. Один из имеющихся растворов по-разному реагирует с оставшимися пятью, не взаимодействуя с одним из них и давая разные осадки с четырьмя остальными (в одном случае можно обнаружить и выделение пузырьков газа). Это раствор CuSO_4 , который и нужно попросить подписать.

Уравнения реакций, протекающих при попарном сливании раствора CuSO_4 с остальными:

$2\text{NaCl} + \text{CuSO}_4$ – нет взаимодействия;

$2\text{NaOH} + \text{CuSO}_4 = 2\text{NaCl} + \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$ –голубой осадок;

$\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{S} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuS}\downarrow$ – черныйосадок;

$2\text{CuSO}_4 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + (\text{CuOH})_2\text{CO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow$ – зеленыйосадок, газ;

$\text{CuSO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbSO}_4\downarrow$ – белыйосадок;

Отметим, что нитрат свинца и вовсе реагирует со всеми растворами:

$2\text{NaOH} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{NaNO}_3 + \text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow$ – белыйосадок;

$2\text{NaCl} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{NaNO}_3 + \text{PbCl}_2\downarrow$ – белая муть (осадок);

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{S} = 2\text{NaNO}_3 + \text{PbS}\downarrow$ – черныйосадок;

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{PbCO}_3\downarrow$ – белыйосадок.

Однако почти все осадки, кроме одного, белые. Тем не менее, опытный экспериментатор может справиться и в этом случае. Сульфат меди он увидит по цвету раствора в пробирке, хлорид свинца будет заметно растворяться при нагревании, а избытке щелочи осадок гидроксида свинца растворится с образованием гидрокомплекса:



Система оценивания:

Выбор CuSO_4 * 5 б,

всего 5 баллов;

*(*если выбран $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, то ставится 2 б, но еще 3 б добавляется, если описано как отличать белые осадки);*

Уравнения реакций по 1 б

*всего 1*5 = 5 баллов;*

Наблюдаемые эффекты по 1 б

*всего 1*5 = 5 баллов;*

Итого 15 баллов

2.2. Ядовитый желто-зеленый газ, имеющий молярную массу $29 \cdot 2,45 = 71$, – это Cl_2 .

Пусть бинарное соединение, содержащее 47,55 % Cl, имеет формулу ЭCl_n . Составим уравнение: $35,5n / (M_{\text{Э}} + 35,5n) = 0,4755$, откуда $M_{\text{Э}} = 39,16n$. Единственное разумное решение получается при $n=1$, откуда $\text{Э} = \text{K}$, о чем можно было догадаться и просто глядя на схему.

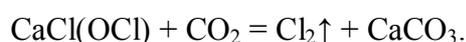
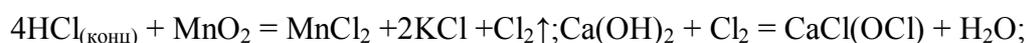
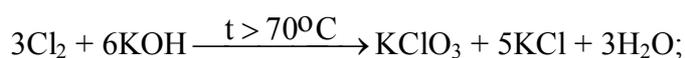
«Белильная известь», применяющаяся как антисептическое и дезинфицирующее средство, имеет формулу CaOCl_2 ($\text{CaCl}(\text{OCl})$).

X_1 – Cl_2 (хлор); X_2 – KCl (хлорид калия); X_3 – CaOCl_2 (хлорид-гипохлорит кальция).

Названия остальных хлорсодержащих соединений:

KClO_3 – хлорат калия; HCl – хлороводород; CaCO_3 – карбонат кальция.

Уравнения реакций:



Система оценивания:

Формулы соединений $X_1 - X_3$ по 1 б

*всего 1*3 = 3 балла;*

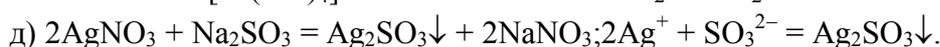
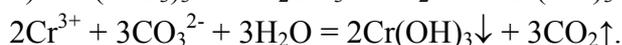
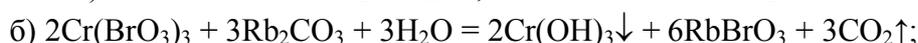
Названия соединений по 1 б

*всего 1*6 = 6 баллов;*

Уравнения реакций по 1 б

*всего 1*6 = 6 баллов;*

Итого 15 баллов



Система оценивания:

Уравнения реакций в молекулярной форме по 1 б

*всего 1*5 = 5 баллов;*

Уравнения реакций в сокращенной ионной форме по 1 б

*всего 1*5 = 5 баллов;*

Итого 10 баллов

Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

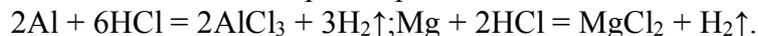
3.1. Кремний в соляной кислоте не растворяется и не реагирует с ней, поэтому 0,28 г остатка от растворения – это кремний, входивший в состав смеси. $m(\text{Si}) = 0,28$ (г).

$$\omega(\text{Si}) = m(\text{Si})/m(\text{сплава}) = 0,28/22,12 = 0,013 \text{ или } 1,3\%.$$

Тогда суммарная масса алюминия и магния в смеси $22,12 - 0,28 = 21,84$ г. Обозначим количество алюминия в смеси за x моль, количество магния – за y моль. Составим первое уравнение:

$$27x + 24y = 21,84.$$

Алюминий и магний растворяются в соляной кислоте с выделением водорода:



Общее количество выделившегося водорода составляет $27,104/22,4 = 1,21$ моль. Составим второе уравнение: $1,5x + y = 1,21$. Умножив второе уравнение на 24 и вычтя из него первое, получим $9x = 7,2$, откуда $x = 0,8$ (моль). Тогда $y = 1,21 - 1,5 \cdot 0,8 = 0,01$ (моль).

$$\text{Массы веществ равны: } m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 0,8 \cdot 27 = 21,6 \text{ (г)}.$$

$$m(\text{Mg}) = n(\text{Mg}) \cdot M(\text{Mg}) = 0,01 \cdot 24 = 0,24 \text{ (г)}.$$

Массовые доли равны:

$$\omega(\text{Al}) = m(\text{Al})/m(\text{сплава}) = 21,6/22,12 = 0,976 \text{ или } 97,6\%.$$

$$\omega(\text{Mg}) = m(\text{Mg})/m(\text{сплава}) = 0,24/22,12 = 0,011 \text{ или } 1,1\%.$$

Рассчитаем объем соляной кислоты. Для выделения 1 моля водорода необходимо 2 моль HCl, следовательно, для выделения 1,21 моль водорода требуется $1,21 \cdot 2 = 2,42$ моль HCl. Эту же величину мы получим, если будем считать, исходя из количества каждого металла, но в этом нет необходимости.

$$\text{Объем кислоты равен: } V = n/C_M = 2,42/1 = 2,42 \text{ (л)}.$$

Система оценивания:

Вывод о том, что масса кремния 0,28 г 2 б

Массовая доля кремния 2 б

Уравнения реакций по 1 б

Массы алюминия и магния по 3 б

Массовые доли алюминия и магния по 2 б

Количество HCl 2 б, объем HCl 2 б

Итого 20 баллов

*всего 2*1 = 2 балла;*

*всего 2*1 = 2 балла;*

*всего 1*2 = 2 балла;*

*всего 3*2 = 6 баллов;*

*всего 2*2 = 4 балла;*

всего 2+2 = 4 балла;

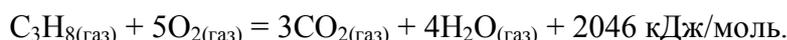
3.2. Уравнение реакции сгорания пропана:



Тепловой эффект этой реакции и будет теплотой сгорания пропана. По следствию из закона Гесса, тепловой эффект химической реакции равен сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом теплот образования реагентов с учетом стехиометрических коэффициентов. Теплоты образования простых веществ в их устойчивых состояниях равны нулю.

$$\text{Отсюда } Q_r = 4Q(\text{H}_2\text{O}) + 3Q(\text{CO}_2) - 5Q(\text{O}_2) - Q(\text{C}_3\text{H}_8) = 4 \cdot 242 + 3 \cdot 394 - 5 \cdot 0 - 1 \cdot 104 = 2046 \text{ (кДж/моль)}.$$

Термохимическое уравнение будет выглядеть так:



Количество пропана в 13,2 г $n(\text{C}_3\text{H}_8) = m/M = 13,2/44 = 0,3$ (моль). При его сжигании выделится $0,3 \cdot 2046 = 613,8$ кДж.

Количество тепла, которое необходимо затратить для нагрева 2 л (2000 г) воды на $100 - 25 = 75$ градусов, составит $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 2000 \cdot 4,2 \cdot 75 = 630000$ Дж = 630 кДж. С учетом 10 % потерь, потребуется $630/0,9 = 700$ кДж.

Количество пропана, которое нужно сжечь для выделения такого количества тепла, составит $n = 700/2046 = 0,342$ (моль). Объем, который он займет в заданных условиях, будет равен $V = nRT/P = 0,342 * 8,31 * 298 / 10^5 = 0,00847$ м³ или около 8,5 л.

Система оценивания:

Уравнение реакции 1 б

Расчет теплоты сгорания пропана 4 б

Термохимическое уравнение 1 б

Расчет тепла при сгорании 13,2 г пропана 2 б

Расчет тепла на нагрев чайника 4 б

(если неправильно учтены потери, то 3 б)

Расчет количества пропана 4 б

Расчет объема пропана 4 б

(если объем рассчитан при н.у., то 2 б)

Итого 20 баллов

всего 1*1 = 1 балл;

всего 4*1 = 4 балла;

всего 1*1 = 1 балл;

всего 2*1 = 2 балла;

всего 4*1 = 4 балла;

всего 4*1 = 4 балла;

всего 4*1 = 4 балла;