

Олимпиада «БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» по химии
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР 2022/23. *Время выполнения – 90 минут*
1 вариант

8 класс

Задача 8-1

При растворении 14.8 г смеси твердых пищевой соды (гидрокарбонат натрия, NaHCO_3) и кальцинированной соды (карбоната натрия) в избытке соляной кислоты выделилось 6.6 г некоторого газообразного вещества.

- Составьте уравнения всех протекающих реакций;
- определите массовую долю (%) гидрокарбоната натрия в исходной твердой смеси;
- определите количество вещества выделившегося газа (моль).

Решение



Определим общее количество CO_2 : $n(\text{CO}_2) = 6.6/44 = 0.15$ моль.

Пусть $n(\text{NaHCO}_3) = x$ моль в исходной смеси, тогда $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (0.15-x)$ моль.

Значит $m(\text{NaHCO}_3) = 84x$ г, $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106(0.15-x)$ г.

Составим уравнение: $84x + 106(0.15-x) = 14.8$. Отсюда $x = 0.05$.

Итак, $n(\text{NaHCO}_3) = 0.05$ моль, $m(\text{NaHCO}_3) = 0.05 \cdot 84 = 4.2$ г.

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.1 \cdot 106 = 10.6$ г. В сумме масса солей 14.8 г, как и должно быть.

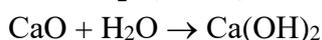
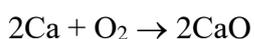
Массовая доля $\omega(\text{NaHCO}_3) = 4.2/14.8 = 0.2838$ (28.38%).

Задача 8-2

Кусочек металлического кальция массой 1.6 г нагрели в атмосфере кислорода, он загорелся. Весь продукт сгорания (А) растворили в 2 л воды. Определите массу вещества (Б) в полученном растворе и его массовую долю (%). Найдите массу продукта А.

Напишите уравнения двух протекающих реакций.

Решение



$n(\text{Ca}) = 1.6/40 = 0.04$ моль $n(\text{CaO}) = 0.04$ моль $m(\text{CaO}) = 56 \cdot 0.04 = 2.24$ г.

$n[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 0.04$ моль $m[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 0.04 \cdot 74 = 2.96$ г.

$m[\text{раствора Ca}(\text{OH})_2] = 2000 + 2.24 = 2002.24$ г.

$\omega[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 2.96/2002.24 = 0.00148$ (**0.148%**).

Задача 8-3

При нагревании 0.158 г KMnO_4 выделяется 11.2 мл газа X и образуется два твердых продукта: 0.0985 г А и 0.0435 г В.

1. Напишите уравнение протекающей реакции, если известно, что атом поливалентного элемента в продуктах реакции имеет степень окисления +4 и +6 соответственно.

2. Навеску 0.158 г KMnO_4 поместили в мерную колбу объемом 250 мл и довели до метки дистиллированной водой. Рассчитайте молярную концентрацию полученного раствора.

Приведите необходимые расчеты.

Решение

А - K_2MnO_4 ; В - MnO_2 .

Уравнение реакции



$$n(\text{KMnO}_4) = 0.158 / 158 = 0.001 \text{ моль}; n(\text{O}_2) = 11.2 \cdot 10^{-3} / 22.4 = 0.0005 \text{ моль};$$

$$n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = 0.0985 / 197 = 0.0005 \text{ моль}; n(\text{MnO}_2) = 0.0435 / 87 = 0.0005 \text{ моль};$$

$$C(\text{KMnO}_4) = 0.001 / 0.250 = 0.004 \text{ моль/л.}$$

Задача 8-4

В трех пронумерованных пробирках находятся растворы солей. К первой и второй пробирке по каплям добавили раствор гидроксида калия, а к третьей – соляную кислоту. В первой пробирке выпал белый осадок **А**, во второй пробирке – белый аморфный осадок **Б**, в третьей – белый аморфный осадок **В**. Все осадки разделили на две части. К одной части осадков добавили избыток раствора щелочи, в другую часть осадков – соляную кислоту. Осадок **А** растворился только в кислоте, осадок **Б** растворился в растворе щелочи и в кислоте, осадок **В** растворился только в растворе щелочи. Предложите по одной возможной формуле соли, содержащейся в каждой из пронумерованных пробирок, учитывая, что соли могут состоять из следующих ионов: K^+ , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , SiO_3^{2-} . Составьте уравнения всех описанных химических реакций. Установите формулы осадков **А**, **Б**, **В**.

Решение

Возможные варианты:

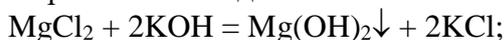
$$\text{№ 1} - \text{MgCl}_2; \quad \text{№ 2} - \text{ZnSO}_4; \quad \text{№ 3} - \text{K}_2\text{SiO}_3.$$

$$\text{А} - \text{Mg}(\text{OH})_2; \quad \text{Б} - \text{Zn}(\text{OH})_2; \quad \text{В} - \text{SiO}_2.$$

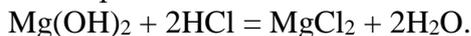
В первой пробирке может находиться сульфат магния, а во второй пробирке может быть хлорид цинка.

Уравнения реакций:

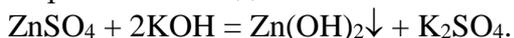
Образование осадка **А**



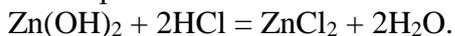
Растворение **А** в кислоте



Образование осадка **Б**



Растворение **Б** в кислоте



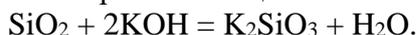
Растворение **Б** в щелочи



Образование осадка **В**



Растворение **В** в щелочи



Олимпиада «БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» по химии
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР 2022/23. *Время выполнения – 90 минут*

2 вариант

8 класс

Задача 8-1

Органическое вещество C_2H_6S массой 31 г полностью сгорает в минимально необходимом количестве кислорода с образованием смеси оксидов углерода(IV), водорода и серы(IV). Определите массы газообразных продуктов при 27° . Продукты полностью поглощаются избытком раствора KOH. Определите массу прореагировавшего KOH. Запишите уравнения реакций, протекающих в растворе KOH и при горении исходного C_2H_6S .

Решение



Определим количество вещества C_2H_6S : $n(C_2H_6S) = 31/62 = 0.5$ моль.

Определим количество продуктов:

$$n(CO_2) = 2n(C_2H_6S) = 1 \text{ моль} \quad m(CO_2) = 44 \cdot 1 = 44 \text{ г}$$

$$n(SO_2) = n(C_2H_6S) = 0.5 \text{ моль} \quad m(SO_2) = 64 \cdot 0.5 = 32 \text{ г}$$

$$n(H_2O) = 3n(C_2H_6S) = 1.5 \text{ моль} \quad m(H_2O) = 18 \cdot 1.5 = 27 \text{ г}$$

При $27^\circ C$ газообразными продуктами являются CO_2 (44 г), SO_2 (32 г).

Реакции в растворе KOH:



Пореагировало 2 моль KOH в 1 реакции и 1 моль во второй реакции, всего 3 моль.
 $m(KOH) = 56 \cdot 3 = 168$ г.

Задача 8-2

Водный раствор хлорида кальция используется в качестве охлаждающей жидкости промышленных химических реакторов. Раствор, приготовленный растворением 66.7 г $CaCl_2$ в 100 г воды, имеет плотность 1.396 г/мл. Определите массовую долю $CaCl_2$ в полученном растворе, массу $CaCl_2$, необходимого для приготовления 1 л такого же раствора, массу кристаллогидрата $CaCl_2 \cdot 6H_2O$, необходимого для приготовления 1 л такого же раствора.

Решение

Массовая доля $CaCl_2$ в растворе равна $66.7/166.7 = 0.400$ (40%).

Для 1 л раствора $m(p-ra) = 1396$ г.

Масса необходимой безводной соли: $m(CaCl_2) = 1396 \cdot 0.400 = 558.4$ г.

$$n(CaCl_2) = 558.4/111 = 5.03 \text{ моль.}$$

$$n(CaCl_2 \cdot 6H_2O) = n(CaCl_2) = 5.03 \text{ моль.} \quad m(CaCl_2 \cdot 6H_2O) = 5.03 \cdot 219 = 1102 \text{ г.}$$

Задача 8-3

В наше время привыкли к тому, что краски бывают любого цвета. Но в древности при изготовлении красок определенного цвета возникали большие проблемы. Самым ценным цветом красок считался голубой. Его было довольно трудно достать. В Древнем Египте для придания краскам этого цвета использовался минерал, который получил соответствующее название – Египетский голубой ($w(Si)=29.89\%$ масс., $w(O)=42.55\%$ масс., $w(Cu)=16.89\%$ масс.). Следы этого минерала нашли даже на короне царицы Нефертити. А в другой части мира в качестве пигмента использовали минерал с современным названием Китайский голубой ($w(Si)=23.75\%$ масс., $w(O)=33.81\%$ масс., $w(Cu)=13.42\%$ масс.). Им была украшена известная археологическая достопримечательность Китая – Терракотовая армия.

1. Установите формулы этих двух пигментов, если известно, что они имеют одинаковый стехиометрический состав, содержат по четыре элемента, отличительные элементы находятся в одной группе Периодической системы. Также известно, что два элемента в каждом минерале имеют одинаковую степень окисления и их мольное соотношение в обоих минералах равно 1:1.

2. Приведите примеры двух соединений, используемых в качестве пигментов для изготовления голубых красок в последние несколько веков.

Ответы подтвердите соответствующими объяснениями и вычислениями. В расчетах молярные массы элементов берите с точностью до десятых.

Решение

1. Найдем соотношение кремния и кислорода в минерале Египетском голубом:
 $n(\text{Cu}) : n(\text{Si}) : n(\text{O}) = 16.89 / 63.5 : 29.89 / 28.1 : 42.55 / 16 = 0.266 : 1.064 : 2.66 = 1 : 4 : 10$.
Таким образом, в формуле пигмента присутствует фрагмент $\text{CuSi}_4\text{O}_{10}$. С учетом степеней окисления элементов Cu (+2), Si (+4), O (-2), можно записать $\text{CuSi}_4\text{O}_{10}^{2-}$. Из условия известно, что оба минерала содержат по четыре элемента и два элемента в каждом минерале имеют одинаковую степень окисления, а их мольное соотношение в обоих минералах равно 1:1. В этой связи общую формулу минералов можно записать следующим образом: $\text{MSi}_4\text{O}_{10}$.

Найдем молярную массу M в первом минерале:

$$w(\text{Si}) = 4 \cdot 28.1 / (M(\text{M}) + 63.5 + 4 \cdot 28.1 + 10 \cdot 16) = 0.2989$$

Отсюда находим, что $M(\text{M}) = 40.1$. В состав первого минерала входит кальций. Формула минерала: **$\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$** .

Для второго минерала:

$$w(\text{Si}) = 4 \cdot 28.1 / (M(\text{M}) + 63.5 + 4 \cdot 28.1 + 10 \cdot 16) = 0.2375$$

Отсюда находим, что $M(\text{M}) = 137.3$. В состав второго минерала входит барий. Формула минерала: **$\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$** .

2. Примеры пигментов.

Ультрамарин. Представляет собой синтетический алюмосиликат натрия с включением полисульфидов натрия. В зависимости от своего состава может быть белым, зеленым, синим, фиолетовым и красным. Наибольшее практическое значение имеет высококремнистый многосернистый продукт насыщенного синего цвета, отвечающий составу $2(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2) \cdot \text{Na}_2\text{S}_4$;

Азурит, $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$. Один из наиболее распространенных вторичных минералов, содержащих медь.

Задача 8-4

При полном сгорании в хлоре некоторого металла M, который при данных условиях образует трехзарядный катион, было израсходовано 0.3 моль хлора и образовалось 32.47 г хлорида X.

1. О каком металле идет речь? Ответы подтвердите расчетами. Используйте атомные массы, округленные до целых чисел (для хлора – 35.5).

2. Запишите реакцию взаимодействия M с хлором, описанную в условии задачи.

3. Приведите электронную конфигурацию атома M.

4. Какие степени окисления может проявлять этот металл в соединениях? Ответ проиллюстрируйте примерами.

5. Образовавшееся вещество X растворили в 100 г раствора соляной кислоты. Определите массовую долю X в полученном растворе.

Решение

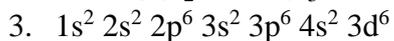
1. Запишем уравнение реакции:
 $2\text{M} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{MCl}_3$

$$n(\text{Cl}_2) = 0.3 \text{ моль};$$

$$n(\text{MCl}_3) = 2 \cdot 0.3 / 3 = 0.2 \text{ моль};$$

$$M(\text{MCl}_3) = 32.47 / 0.2 = 162.35 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{M}) = 162.35 - 3 \cdot 35.5 = 55.85 \text{ г/моль, следовательно M – это железо.}$$



4. Для железа характерны степени окисления +2, +3, реже +6.

Примеры соединений железа +2: FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, FeSO_4 ;

Примеры соединений железа +3: Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$;

Примеры соединений железа +6: K_2FeO_4 .

5.

$$\omega = 32.47 / (100 + 32.47) = 0.245.$$