

Задание 9-1

Три элемента А, Б, В принадлежат к тому же периоду, что и элемент, занимающий второе место по распространенности в земной коре. Из простых веществ, образованных элементами А и Б, при взаимодействии с простым веществом, образованным элементом В, получаются соответственно соединения состава АВ и БВ₃. Простое вещество, образованное элементом В, использовали в Первую мировую войну как боевое отравляющее вещество.

1. Определите элементы А, Б, В.
2. Составьте уравнения описанных в задании реакций.
3. Определите и назовите вещества АВ и БВ₃.

Решение:

1. Элементы А – натрий, Б – алюминий, В – хлор.
2. $2\text{Na} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl}$
 $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3$
3. АВ – NaCl, хлорид натрия
БВ₃ – AlCl₃, хлорида алюминия

Распределение по баллам к заданию 9-1

<i>Содержание верного ответа</i>	<i>Баллы</i>
Определены элементы	3 балла
Составлены уравнения реакций	2 балла
Определены и названы вещества АВ и БВ ₃	2 балла
Итого:	7 баллов

Задание 9-2

Цинковую пластинку массой 20,0 г опустили в раствор CdSO₄ массой 493,0 г. В момент извлечения пластинки из раствора массовая доля ZnSO₄ в растворе оказалась равной 2,08%. Рассчитайте массу пластинки после извлечения ее из раствора.

Решение:



Пусть в реакцию вступил цинк количеством вещества x моль. Тогда:

$$\Delta m(\text{пл.}) = m(\text{Cd}) - m(\text{Zn}) = x * M(\text{Cd}) - x * M(\text{Zn}) = 112x - 65x = 47x \text{ (г)} \quad (2 \text{ балла})$$

Масса раствора после реакции уменьшилась на величину $\Delta m(\text{пл.})$:

$$m(\text{пл.})_{\text{конечн.}} = 493,0 - 47x \text{ (г)} \quad (1 \text{ балл})$$

В конечном растворе:

$$m(\text{ZnSO}_4) = n(\text{ZnSO}_4) * M(\text{ZnSO}_4) = x * 161 \text{ (г)} \quad (1 \text{ балл})$$

Для массовой доли ZnSO₄ находим:

$$0,0208 = 161x / (493 - 47x) \quad (1 \text{ балл})$$

Отсюда:

$$x = 0,0633 \text{ моль;} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\Delta m(\text{пл.}) = 47x = 0,0633 * 47 = 2,98 \text{ (г)} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{пл.})_{\text{конечн.}} = m(\text{пл.})_{\text{исх}} + \Delta m(\text{пл.}) = 20,0 + 2,98 \approx 23 \text{ (г)} \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: 23 г.

Итого: 9 баллов

Задание 9-3

Для отопления здания в течение отопительного сезона было использовано 10 тонн угля, содержащего 5% пирита (FeS₂).

1. Рассчитайте, сколько литровых бутылок концентрированной серной кислоты (концентрация 98%, плотность 1,836 г/см³) можно получить, если весь образовавшийся за сезон оксид серы (IV) количественно превратить в серную кислоту. Составьте уравнения реакций, отражающих процесс получения серной кислоты из пирита.

Пирит является сырьем для производства еще одного продукта крупнотоннажного химического производства помимо серной кислоты.

- Укажите, какой это продукт. Запишите химические реакции, лежащие в основе получения этого продукта из пирита двумя различными способами.
- Объясните, почему пирит называют «золотом дураков».

Решение

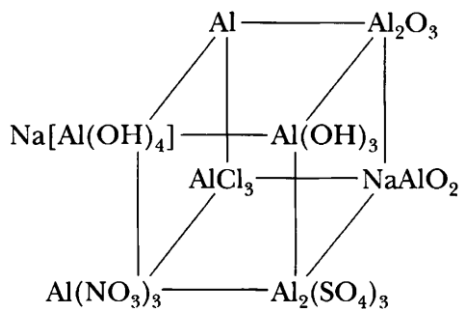
- В одной литровой бутылке будет содержаться
 $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1000 \text{ см}^3 \cdot 1,836 \text{ г/см}^3 \cdot 0,98 = 1799,3 \text{ г}$
 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 18,36 \text{ моль}$
 Уравнения реакций:
 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$
 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$
 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$
 Если обобщить схему реакций, то получим:
 $\text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$
 Из 1 моль пирита получается 2 моль серной кислоты.
 В 10 тоннах угля содержится 500 кг пирита. 500 кг FeS_2 соответствует 4167 моль пирита, из которого можно получить 8334 моль серной кислоты; из этого количества можно получить 454 бутылки 98%-ной серной кислоты.
- Помимо получения серной кислоты пирит является сырьем металлургических производств, производящих железо и его сплавы.
 Основное сырье, из которого непосредственно получают железо – оксиды железа, которые получают обжигом пирита:
 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$
 Эта стадия будет одинакова для обоих процессов, которые различаются способом восстановления железа из оксидов. В зависимости от восстановителя можно выделить следующие способы:
 Карботермический: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}$
 Гидротермический: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$
 Металлотермический: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} = 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$
- Некоторые кристаллические формы пирита обладают золотистым блеском, благодаря чему внешне похожи на золото, что явилось причиной многочисленных ошибок золотоискателей, принимавших пирит за драгоценный металл.

Распределение по баллам к заданию 9-3

<i>Содержание верного ответа</i>	<i>Баллы</i>
Рассчитано количество вещества серной кислоты, содержащейся в 1 бутылке	2 балла
Рассчитано количество вещества пирита, содержащегося в 10 тоннах угля	2 балла
Определено количество бутылок серной кислоты	1 балл
Написаны уравнения реакций получения серной кислоты из пирита	3x1=3 балла
Написаны уравнения реакций получения железа из оксида железа (III)	2x1=2 балла
Дано объяснение, почему пирит называют «золотом дураков»	1 балл
Итого:	11 баллов

Задание 9-4

Перед вами схема превращений веществ:



Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения веществ, при этом направления превращений веществ (направления стрелок) выберите сами. Для реакций в растворах электролитов составьте ионные уравнения.

Решение:

Уравнения реакций:

- 1) $4\text{Al} + 3\text{O}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3$
- 2) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$
- 3) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
- 4) $2\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH}_{\text{тв}} = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (сплавление)
- 6) $\text{NaAlO}_2 + 4\text{HCl} = \text{NaCl} + \text{AlCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 7) $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3$
- 8) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 4\text{HNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$
 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 4\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 9) $\text{AlCl}_3 + 3\text{AgNO}_3 = 3\text{AgCl} + \text{Al}(\text{NO}_3)_3$
 $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl}$
- 10) $2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 11) $2\text{NaAlO}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 12) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = 3\text{BaSO}_4 + 2\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
 $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4$

(Возможны иные уравнения реакций, удовлетворяющие условию)

Распределение по баллам к заданию 9-4

Содержание верного ответа	Баллы
Определены направления превращений	1,5 балла
Составлены молекулярные уравнения реакций №8, 11	2*1=2 балла
Составлены молекулярные уравнения реакций	10*0,5=5 баллов
Написаны уравнения реакций в ионном виде	5*0,5=2,5 балла
Итого:	11 баллов

Задание 9-5

Однажды вечером в одной из школьных лабораторий города N лаборант Иван Анатольевич обнаружил 8 склянок с растворами, этикетки от которых отклеились и валялись на полу. За короткий промежуток времени, используя только эти растворы, ему необходимо было определить, что находится в каждой склянке и вернуть этикетки на место. Отклеившиеся этикетки: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, BaCl_2 , AgNO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 .

Восстановите ход рассуждений лаборанта при проведении анализа растворов в склянках. Решение представьте в виде таблицы с указанием цветов осадков и наблюдаемых явлений. Напишите уравнения всех возможных реакций в молекулярном и ионном видах.

Решение

Вещество	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	BaCl_2	AgNO_3	Na_2SO_4
о						

$NH_3 \cdot H_2O$		$Zn(OH)_2 \downarrow$ Белый аморфный осадок, растворим в избытке $NH_3 \cdot H_2O$	$Al(OH)_3 \downarrow$ Белый аморфный осадок, не растворим в избытке $NH_3 \cdot H_2O$	-	Бурый осадок (черно-коричневый) $Ag_2O \downarrow$, растворим в избытке $NH_3 \cdot H_2O$	-
$Zn(NO_3)_2$			-	-	-	-
$Al(NO_3)_3$					-	-
$BaCl_2$					$AgCl \downarrow$ Белый творожистый, растворимый в избытке $NH_3 \cdot H_2O$	$BaSO_4 \downarrow$ Белый мелкокристаллический
$AgNO_3$						Белый осадок $Ag_2SO_4 \downarrow$, выпадает из концентрированных растворов
Na_2SO_4						

Уравнения реакций:

- $2NH_3 \cdot H_2O + Zn(NO_3)_2 = Zn(OH)_2 \downarrow + 2NH_4NO_3$
 $2NH_3 \cdot H_2O + Zn^{2+} = Zn(OH)_2 \downarrow + 2NH_4^+$
- $Zn(OH)_2 \downarrow + 2NH_3 \cdot H_2O = [Zn(NH_3)_4](OH)_2 + 2H_2O$
 $Zn(OH)_2 \downarrow + 2NH_3 \cdot H_2O = [Zn(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^- + 2H_2O$
- $3NH_3 \cdot H_2O + Al(NO_3)_3 = Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4NO_3$
 $3NH_3 \cdot H_2O + Al^{3+} = Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4^+$
- $2AgNO_3 + 2NH_3 \cdot H_2O = 2NH_4NO_3 + Ag_2O \downarrow + H_2O$
 $2Ag^+ + 2NH_3 \cdot H_2O = Ag_2O \downarrow + 2NH_4^+ + H_2O$
- $Ag_2O \downarrow + 4NH_3 \cdot H_2O = 2[Ag(NH_3)_2](OH) + 3H_2O$
 $Ag_2O \downarrow + 4NH_3 \cdot H_2O = 2[Ag(NH_3)_2]^+ + 2OH^- + 3H_2O$
- $2AgNO_3 + BaCl_2 = 2AgCl \downarrow + Ba(NO_3)_2$
 $Ag^+ + Cl^- = AgCl \downarrow$
- $BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2NaCl$
 $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$
- $2AgNO_3 + Na_2SO_4 = 2NaNO_3 + Ag_2SO_4 \downarrow$
 $2Ag^+ + SO_4^{2-} = Ag_2SO_4 \downarrow$

Распределение по баллам к заданию 9-5

Содержание верного ответа	Баллы
Правильно составлен план эксперимента (таблица)	2 балла
Описаны наблюдаемые эффекты	2 балла
Написаны уравнения реакций в молекулярном виде	8x0,5=4 балла
Написаны уравнения реакций в ионном виде	8x0,5=4 балла
Итого:	12 баллов