

«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2015/16
ФИНАЛЬНЫЙ ТУР. Время на выполнение – 180 минут
10 класс

Задача 10-1

Некоторый газ А является компонентом атмосферного воздуха и играет важную роль в биохимических процессах. При сгорании измельченного магния в А образуется серая масса, которая представляет собой смесь белого вещества В и черного вещества С. Оба вещества В и С практически нерастворимы в воде и водных растворах щелочей. Сгорание С в кислороде приводит к образованию А. При сгорании магния в газе Д, являющимся вторым компонентом атмосферного воздуха, образуется желтовато-зелёное твердое вещество Е. Последнее быстро растворяется в кислотах и разлагается в воде с образованием газа F с характерным резким запахом.

1. Определите соединения А – F.
2. Напишите уравнения протекающих химических реакций.
3. Взаимодействие А с F – это промышленный способ производства ценного удобрения. Назовите это удобрение и напишите уравнение химической реакции для его получения.

Решение

1. Перечисленные вещества:
А– CO₂; В– MgO; С– C; D– N₂; Е– Mg₃N₂; F– NH₃.
2. Уравнения химических реакций:
 $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C};$
 $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2;$
 $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2;$
 $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3.$
3. Мочевина (карбамид):
 $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{NCOONH}_4;$
 $\text{H}_2\text{NCOONH}_4 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}.$

Разбалловка:

За установление природы веществ А – F по 2 балла	12 баллов
За уравнения реакций по 2 балла	12 баллов
За указание удобрения	1 балл
Всего	25 баллов

Задача 10-2

Ионы кальция в водных растворах не проявляют ни окислительных, ни восстановительных свойств, поэтому их нельзя определить с помощью окислительно-восстановительного титрования. Тем не менее, их содержание в водных растворах определяют косвенным титрованием заместителя.

Анализ проводили следующим образом. 14.64 г образца известняка растворили в соляной кислоте. Раствор отфильтровали, перенесли количественно в мерную колбу объемом 100 мл и довели до метки дистиллированной водой. 25.00 мл приготовленного раствора нейтрализовали раствором аммиака (в присутствии метилового оранжевого), а затем к нему прилили 50.0 мл 2.000 М водного раствора оксалата натрия $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (натриевая соль щавелевой кислоты). Полученный белый осадок отделили и промыли на фильтровальной бумаге. Фильтрат объединили с промывным раствором, количественно перенесли в мерную колбу объемом 100 мл и довели до метки дистиллированной водой. 10.00 мл полученного раствора оттитровали 0.1844 М раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты. На титрование потребовалось 14.85 мл раствора.

1. Напишите уравнения химических реакций, протекающих при анализе. При написании реакции, протекающей при титровании, учтите, что перманганат калия окисляет щавелевую кислоту до углекислого газа и воды.
2. Рассчитайте массовую долю CaCO_3 в исходном образце известняка.

Решение

1. $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$;
 $\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$;
 $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{CaC}_2\text{O}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$;
 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
 $5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$.

2. На титрование 10 мл потребовалось:

$$0.1844 \cdot 14.85 / 1000 = 2.738 \text{ ммоль KMnO}_4.$$

Образец содержит $5 \cdot 2.738 / 2 = 6.845$ ммоль щавелевой кислоты $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

100 мл раствора содержит $6.845 \cdot 10 = 68.45$ ммоль $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Количество оксалата натрия, добавленного к 25 мл раствора образца, составляет:

$$2.000 \cdot 50 / 1000 = 0.1000 \text{ моль} = 100.0 \text{ ммоль Na}_2\text{C}_2\text{O}_4.$$

Из этого количества $(100.0 - 68.45) = 31.55$ ммоль $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ прореагировало с ионами кальция. Следовательно, 25.00 мл образца содержит 31.55 ммоль Ca^{2+} .

$M(\text{CaCO}_3) = 100.1$ г/моль.

100 мл раствора содержит $31.55 \times 4 = 126.2$ ммоль Ca^{2+} или $0.1262 \cdot 100.1 = 12.63$ г CaCO_3 .

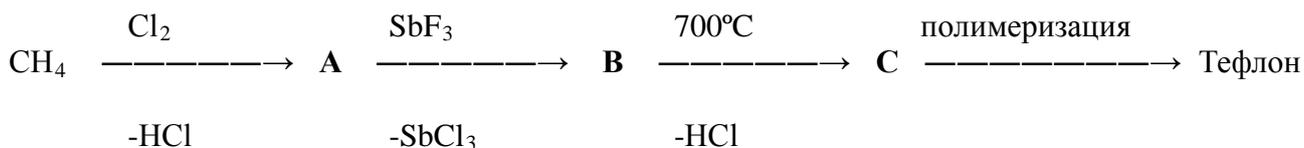
Массовая доля карбоната кальция в исходном образце составляет $12.63 / 14.64 = 0.8627$ или 86.27 %.

Разбалловка:

За уравнения реакций по 2 балла	10 баллов
За расчет массовой доли карбоната кальция в исходном образце	15 баллов (10 баллов за решение и 5 баллов за правильный ответ)
Всего	25 баллов

Задача 10-3

В последнее время химия «подарила» человеку уникальную многослойную мембранную ткань «гортэкс». Куртка из гортекса во-первых, теплая и ветронепродуваемая. Во-вторых, имеет отличную газопроницаемость для воздуха и паров воды, позволяя человеку не перегреваться даже во время тяжелой работы. Третье и самое удивительное свойство — ткань не промокает под проливным дождем. Один из слоев этой ткани сделан из тонкой тефлоновой сетки (до 1200 отверстий на 1 мм²). Сетка имеет особые гидрофобные (водоотталкивающие) свойства и совершенно не пропускает капли жидкой воды, но при этом не препятствует прохождению паров воды. Водостойкость гортэкса достигает 28 м водяного столба. Тефлон — это синтетический полимер политетрафторэтилен $-(CF_2-CF_2-)_n$. Его получают из метана по схеме:



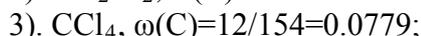
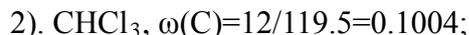
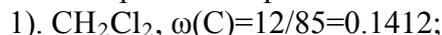
где вещества **A**, **B** — полигалогенметаны с массовой долей углерода соответственно 10.04% и 13.87%, а вещество **C** — полигалогеналкен с массовой долей углерода 24.00%, остальное — фтор. Запишите уравнения всех реакций, напишите их структурные формулы.

Решение



Вещество **A** полигалогенметан, значит **n** может быть = 2,3,4.

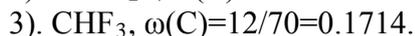
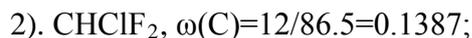
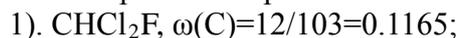
Рассмотрим эти варианты:



Единственный подходящий вариант **A** = $CHCl_3$, значит **n**=3.

Вещество **B** — полигалогенметан, полученный замещением одного или нескольких атомов хлора в $CHCl_3$ на фтор. Значит **B** может быть $CHCl_2F$, $CHClF_2$, CHF_3 .

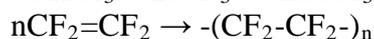
Рассмотрим эти варианты:



Единственный подходящий вариант **B** = $CHClF_2$.

Определим состав вещества **C** по данной массовой доле углерода $n(C) : n(F) = 24/12 : 76/19 = 2 : 4 = 1 : 2$. Значит, это тетрафторэтилен $CF_2=CF_2$ (**C**).

Далее запишем уравнения:



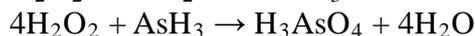
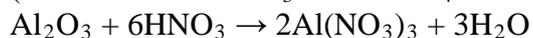
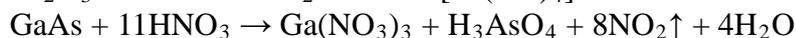
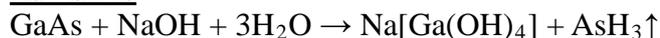
Разбалловка:

За определение A,B,C по 5 б.	15 баллов
За 4 уравнения по 2.5 б.	10 баллов
Всего	25 баллов

Задача 10-4

Для изготовления чипа (основы для транзисторов, интегральных микросхем, солнечных батарей) на полированную пластинку электроизоляционного материала поликор (оксид алюминия) наносят слой полупроводникового материала арсенида галлия. Полученную пластину режут на малые кусочки, получают чипы. Чип способен без остатка растворяться в водном растворе гидроксида натрия при нагревании с образованием прозрачного раствора и выделением газа. Концентрированная азотная кислота при нагревании также способна полностью растворить чип с выделением ярко окрашенного газа. Оба газа прекрасно растворяются в растворе пероксида водорода, вступая с ним в химическую реакцию. Составьте уравнения реакций, протекающих в ходе описанных операций. Для предсказания окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств элементов, составляющих бинарное вещество арсенид галлия, ориентируйтесь на известные вам аналоги элементов из 3 периода таблицы Менделеева.

Решение



Разбалловка:

За формулу арсенида галлия	1 балл
За 6 уравнений по 4 б.	24 балла
Всего	25 баллов