

«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР
(03 декабря 2016 года)

11 класс

Задача 11-1

12.2 г образца, содержащего каменную соль (NaCl) и сильвинит (KCl·NaCl) растворили в 100 мл воды. После того, как нерастворимые примеси удалили фильтрованием, объем раствора составил 104 мл. Аликвоту этого раствора объемом 10.0 мл добавили к избытку подкисленного водного раствора нитрата серебра. Полученный осадок отфильтровывали, высушили и взвесили. Его масса составила 2.53 г. Аликвоту раствора объемом 5.00 мл выпарили досуха и получили 0.543 г твердого остатка.

1. Напишите уравнения химических реакций.
2. Рассчитайте массовую долю примесей в образце.
3. Вычислите массовую долю NaCl и KCl·NaCl в образце.

Решение



б) Обозначим количество вещества NaCl в пробе через x моль, а KCl·NaCl – через y моль. На основании данных, приведенных в условии задачи, составим систему уравнений:

$$(x+2 \cdot y) \cdot 143.5 = 2.53 \cdot 104 / 10$$

$$58.5 \cdot x + 133 \cdot y = 0.543 \cdot 104 / 5$$

(за вычисления)

Отсюда $x = 0.112$ моль, $y = 0.035$ моль

$$m(\text{NaCl}) = 0.112 \cdot 58.5 = 6.552 \text{ г}; m(\text{KCl} \cdot \text{NaCl}) = 0.035 \cdot 133 = 4.655 \text{ г};$$

$$m(\text{NaCl}) + m(\text{KCl} \cdot \text{NaCl}) = 11.207 \text{ г};$$

$$m(\text{примеси}) = 12.2 - 11.207 = 0.993 \text{ г}; \omega(\text{примеси}) = 0.993 / 12.2 = 0.0814 \text{ или } \mathbf{8.14\%}.$$

в) $\omega(\text{NaCl}) = 6.552 / 12.2 = 0.5370$ или 53.70%

$$\omega(\text{KCl} \cdot \text{NaCl}) = 4.655 / 12.2 = 0.3815 \text{ или } 38.15\%$$

Задача 11-2

Каждая из шести колб содержит по 250 мл 5% раствора одного из следующих веществ: хлористый водород, гидроксид натрия, хлорид аммония, нитрат серебра, гидроксид цезия и хлорид меди.

1. Опишите, как можно идентифицировать эти вещества, не используя никаких других реагентов (включая индикаторы) или специализированное лабораторное оборудование. Кратко объясните ваши рассуждения.
2. Напишите ионные уравнения реакций, которые происходят в предлагаемых тестах.

Решение

1) Раствор CuCl_2 может быть идентифицирован по его голубоватой окраске.

Остальные пять растворов делятся на три группы:

(I) гидроксиды NaOH и CsOH, которые образуют синий осадок с CuCl_2 ;

(II) AgNO_3 , который образует белый осадок с CuCl_2 ;

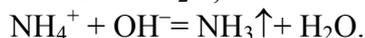
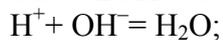
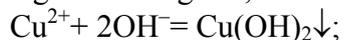
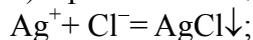
(III) NH_4Cl и HCl, которые не реагируют с CuCl_2 .

Раствор NH_4Cl , может быть идентифицирован по резкому запаху аммиака, выделяющемуся в результате действия щелочи. Таким образом, другой раствор в группе (III) – HCl.

Растворы NaOH и CsOH можно идентифицировать, смешивая равные объемы каждого из них с HCl и вручную сравнивая количество выделяющегося тепла (при нейтрализации

NaOH выделяется почти в 4 раза больше тепла, чем при нейтрализации CsOH. Когда сливают и перемешивают равные объемы 5% NaOH и HCl, температура возрастает на 8.5 К). Альтернативный метод. Если x мл пробы 5% раствора NaOH и CsOH смешать с x/2 мл 5% HCl, раствор NaOH, будет оставаться щелочным, тогда как раствор CsOH станет кислым. Их можно различить по указанному выше испытанию с NH₄OH.

2) Протекают следующие реакции:

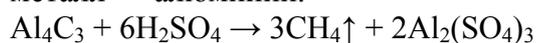


Задача 11-3

Соединение некоторого металла третьей группы таблицы Менделеева с углеродом в sp³ гибридном состоянии содержит 75% металла по массе. Навеску этого вещества 28.8 г растворили без остатка в разбавленной серной кислоте. К выделившемуся газу добавили равный объем хлороводорода, затем хлора до достижения относительной плотности газовой смеси по водороду 28.0415. После облучения газовой смеси ультрафиолетовым светом до полного протекания некоторой реакции при 100°C смесь включала 2 газообразных вещества. Вычислите среднюю молярную массу этой смеси. Запишите уравнения реакций.

Решение

Формулу карбида металла обозначим M₄C₃. Тогда $4M/(4M+36)=0.75$. Отсюда M=27, металл — алюминий.



$$n(\text{Al}_4\text{C}_3)=28.8/144=0.2 \text{ моль.} \quad n(\text{CH}_4)=0.6 \text{ моль.}$$

По известной плотности газовой смеси по водороду 28.0415 можно вычислить среднюю молярную массу $M_{\text{ср.}}=28.0415 \cdot 2=56.083$

Пусть $n(\text{Cl}_2)=x$ моль. Тогда средняя молярная масса смеси трех газов будет равна

$$M_{\text{ср.}}=56.083=16 \cdot 0.6+36.5 \cdot 0.6+71x/(1.2+x) \quad \text{Отсюда } x=2.4$$

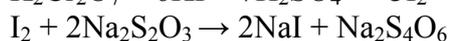
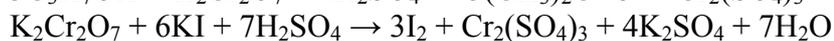
Хлорирование метана пройдет полностью: $\text{CH}_4 + 4\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 + 4\text{HCl}$

Конечная газовая смесь при 1100°C будет включать 0.6 моль CCl₄ (16.67%) и 3 моль HCl (83.33%). Средняя молярная масса смеси двух газов будет равна $M_{\text{ср.}}=154 \cdot 0.1667+36.5 \cdot 0.8333=56.09$ г/моль.

Задача 11-4

В качестве стеклоочистительной жидкости «незамерзайка» может использоваться водный раствор изопропилового спирта. Для анализа на содержание спирта методом дихроматометрии 0.100 г жидкости растворили в разбавленной серной кислоте, добавили 5 мл 0.1-молярного раствора дихромата калия оранжевого цвета, нагрели до полного протекания окислительно-восстановительной реакции спирта. Непрореагировавший дихромат восстанавливали прибавлением избытка раствора йодида калия, при этом появилась коричневая окраска йода. Далее к раствору по каплям прибавляли из бюретки 0.1-молярный раствор тиосульфата натрия до полного обесцвечивания раствора, и эквивалентный объем раствора тиосульфата составил 12 мл. Определите массовую долю спирта в незамерзающей жидкости.

Решение



$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)=12*0.1=1.2$ ммоль. $n(\text{I}_2)=0.5n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)=0.6$ ммоль.
 $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ прореагировавшего с KI})=0.333n(\text{I}_2)=0.2$ ммоль.
 $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ общее})=5\text{мл}*0.1 \text{ ммоль/мл}=0.5$ ммоль.
 $n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ прореагировавшего со спиртом})=0.5-0.2=0.3$ ммоль.
 $n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})=3n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ прореагировавшего со спиртом})=0.9$ ммоль.
 $n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})=0.9 \text{ ммоль}*0.060 \text{ г/ммоль} =0.054 \text{ г}$.
 $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})=0.054/0.1=0.54$ (54%).