

10 класс

Задача 10-1

Для предотвращения образования ледяного покрытия на дорогах используют специальные антигололедные составы – дорожные смеси. Чаще всего они представляют собой смесь хлорида натрия, хлорида кальция и песка. Массовое соотношение компонентов в смеси может варьироваться с учетом особенностей антигололедной обработки. Песок в дорожной соли предотвращает скольжение транспортных средств или пешеходов по льду, тогда как соль «растопливает» лед при температурах ниже температуры замерзания воды.

Для определения количественного состава дорожной смеси ее образец массой 3,000 г растворили в 100 см³ воды. Полученный раствор отфильтровали от нерастворимых примесей, масса которых после высушивания составила 0,235 г. К отфильтрованному раствору прибавили избыток раствора оксалата натрия. Выпавший осадок отфильтровали и полностью растворили в растворе азотной кислоты. Полученный раствор оттитровали 0,100 моль/дм³ раствором перманганата калия, причем для достижения точки эквивалентности потребовалось 24,65 см³ титранта.

- а) *Запишите в молекулярном и ионном виде уравнение реакции, протекающее при титровании, описанном в условии задачи. Опишите изменение окраски титруемого раствора при достижении точки эквивалентности.*
- б) *Определите количественный состав (массовую долю каждого компонента) в исследованном образце дорожной смеси.*

Температура замерзания солевого раствора ниже, чем чистого растворителя, что обусловлено так называемыми коллигативными свойствами раствора. Понижение температуры замерзания раствора по сравнению с чистым растворителем может быть рассчитано с использованием следующего соотношения:

$$\Delta T_{\text{зам}} = i \cdot K \cdot m,$$

где $\Delta T_{\text{зам}} = T_{\text{зам}}(\text{растворителя}) - T_{\text{зам}}(\text{раствора})$, °С; i – коэффициент, равный для сильных электролитов числу ионов, образующихся при диссоциации одной формульной единицы; K – криоскопическая постоянная растворителя, °С·кг/моль (для воды криоскопическая постоянная равна 1,86 °С·кг/моль); m – моляльность раствора, моль/кг. Моляльность – один из способов выражения состава раствора, наряду с молярностью и массовой долей. Моляльность раствора рассчитывается как отношение химического количества растворенного вещества (в молях) к массе растворителя (в килограммах).

Выпадение переохлажденной влаги (дождя, тумана) на холодную землю или предметы приводит к образованию гололеда. Однажды, поздней осенью после нескольких дней, в течение которых температура воздуха держалась около 0 °С, во время дождя за

счет арктических масс температура достаточно быстро опускалась ниже 0 °С. В данных условиях на дорогах образуется гололед. При этом, по оценкам синоптиков, количество выпавших осадков составит 5 мм. Количество осадков в миллиметрах соответствует массе (кг) воды, выпавшей на 1 м² поверхности.

- в) *Рассчитайте, какую массу дорожной смеси необходимо использовать для антигололедной обработки 10 км четырехполосного дорожного покрытия, если ширина полосы составляет 3 м, а синоптики прогнозируют снижение температуры до минус 7 °С. При расчетах следует учесть, что дорожная смесь, имеющаяся в наличии у дорожного управления, представляет собой смесь хлорида натрия (30%) и песка (70%).*

Задача 10-2

Некоторое бинарное неорганическое соединение **X** нерастворимо в воде и нерастворимо в соляной кислоте. Навеска этого вещества массой 0,9562 г была переведена в раствор при кипячении с концентрированной азотной кислотой. При прокаливании сухого остатка, образовавшегося после выпаривания досуха полученного раствора, выделялся бесцветный газ **A**. Оставшееся после прокаливании вещество **Y**, масса которого оказалась 0,7955 г, растворили в разбавленной соляной кислоте. Про данный раствор известно следующее: во-первых, если к пробе полученного раствора добавить раствор аммиака в избытке, цвет раствора изменится характерным образом за счет образования соединения **Z**; во-вторых, если к пробе раствора добавить раствор иодида калия, раствор приобретает коричневый цвет и образуется осадок; в-третьих, при пропускании сероводорода через пробу раствора в осадок выпадает вещество **X**.

- а) *Установите химический состав вещества X. Приведите химические формулы веществ Y, Z. Приведите необходимые рассуждения и расчеты. Как изменился цвет раствора при образовании в нем соединения Z?*
- б) *Запишите в молекулярном виде уравнения химических реакций всех процессов, описанных в условии задачи.*

Каталитическое окисление газа **A** при температуре 400-600 °С с использованием в качестве катализатора смеси V₂O₅ и K₂O сопровождается образованием газа **B** и выделением тепла. Данный процесс является обратимым. В мире газ **B** производится в гигантских промышленных масштабах.

- в) *Запишите уравнение реакции, соответствующее процессу каталитического окисления A. Почему B имеет такое большое промышленное значение?*

- г) Определите, в какую сторону сместится химическое равновесие реакции каталитического окисления **A** в **B** при одновременном повышении давления в 3 раза и повышении температуры на 20 °С, если температурный коэффициент скорости экзотермической реакции равен 2, а эндотермической – 3. Если Вам не удалось установить химическую формулу газа **A**, считайте, что реакция каталитического окисления проходит по схеме $A + 2B = 2C$.

Задача 10-3

Хром широко распространен в земной коре. Наиболее часто хром встречается в виде минерала хромита, в состав которого наряду с хромом входит некоторый металл и кислород. Для получения чистого хрома хромит сплавляют с кальцинированной содой на воздухе. В этом процессе металлы, входящие в состав хромита, окисляются, и хром переходит в натриевую соль **A** (массовая доля хрома в ней составляет 32,10%), которую выщелачивают водой, раствор фильтруют, упаривают и обрабатывают горячей серной кислотой, в результате чего натриевая соль **A** превращается в натриевую соль **B**. Степень окисления хрома в солях **A** и **B** одинакова. Соль **B** выкристаллизовывают из раствора, восстанавливают углеродом и образовавшееся хромсодержащее соединение **B**, степень окисления хрома в котором такая же, как и в исходном минерале хромите, методом алюмотермии восстанавливают до металлического хрома.

- а) Расчетom установите химическую формулу минерала хромита, если при сплавлении 100,0 кг хромита с 94,6 кг кальцинированной соды на воздухе помимо натриевой соли **A** образуется до 35,7 кг оксида металла, входящего в состав хромита. Мольное отношение металла и кислорода в данном оксиде составляет 0,67, массовое отношение – 2,33.
- б) Запишите в молекулярном виде уравнения реакций, протекающих при получении хрома из хромита.
- в) Приведите химические формулы соединений **A**, **B** и **B**. Назовите соединения **A**, **B** и **B** и укажите степени окисления хрома в них.
- г) Рассчитайте массу хрома, который может быть теоретически получен из двух тонн руды, массовая доля хромита в которой 71,0%.

Хром является важной добавкой при получении стали, обеспечивающей ее высокую коррозионную стойкость. Образец стали массой 5,00 г обработали таким образом, что содержащийся в ней хром полностью перешел в форму $Cr_2O_7^{2-}$. Полученный раствор довели до объема 100 см³. Часть полученного раствора объемом 50,0 см³ была добавлена

к раствору хлорида бария. В результате регулирования pH раствора хром был полностью осажден в виде BaCrO_4 массой 0,582 г.

д) *Рассчитайте массовую долю (%) Cr в исследованном образце стали.*

Задача 10-4

Неизвестный углеводород **Y** (температура кипения около 80 °С) массой 66,56 г подвергли хлорированию на свету, в результате чего реакция прошла неполностью, а полученная сразу после завершения облучения газовая смесь при 200 °С и давлении 0,9 атм занимала объем 94,90 дм³. Эту смесь охладили до комнатной температуры, в результате чего сконденсировалась жидкость массой 89,24 г. Оставшаяся газовая смесь количественно поглотилась горячим 15%-ным по массе раствором КОН объемом 710 см³ с плотностью 1,138 г/см³ с образованием раствора, имеющего нейтральную среду.

а) *Рассчитайте состав (в мольных долях) газовой смеси, которая была поглощена раствором щелочи. Приведите уравнение реакций, протекавших при пропускании газовой смеси в раствор щелочи.*

б) *Приведите молекулярную формулу Y. Свой ответ подтвердите расчетом.*

в) *Приведите одну из возможных структурных формул Y и уравнение реакции его хлорирования, если известно, что Y не реагирует с хлорной водой.*

Задача 10-5

Порция вещества **A** массой 13 г занимает объем 7 дм³ (25 °С, 100 кПа). При нагревании **A** разлагается на вещества **B** и **B**, являющиеся сырьем для производства **A**.

При пропускании газа **B** через аммиачный раствор гидроксида серебра образуется белый осадок **Г** с массовой долей серебра 90%.

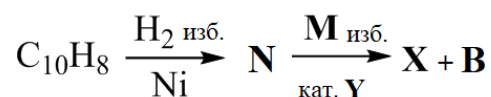
Также газ **B** со взрывом реагирует с простым веществом **Д**, образуя нерастворимое в воде вещество **Е** и хорошо растворимое в воде вещество **Ж**. Вещества **B** и **Ж** могут реагировать в массовом отношении 5:7, образуя промышленно важный продукт **З**.

а) *Рассчитайте молярную массу A.*

б) *Приведите структурные формулы веществ A-З. Приведите ход своих рассуждений и расчеты.*

в) *Вещество A используется как сырье для производства огнеупорного материала. Приведите структурную формулу этого материала и уравнение реакции его получения из A.*

Важным соединением, являющимся заменителем крови, известным как «голубая кровь», является бинарное соединение **X**. Его получают из ароматического бициклического соединения состава $C_{10}H_8$ по следующей схеме:



Известно, что катализатор **Y** содержит 49,2 % по массе элемента, образующего простое вещество **M**. Соединения **X**, **B**, **A** и **Y** содержат один общий элемент.

г) Установите формулы соединений **N**, **M**, **Y**, **X**. Приведите структурную формулу ароматического соединения $C_{10}H_8$ и кровезаменителя **X**.