

Задания заочного этапа многопрофильной олимпиады КГУ

«Твой выбор» по ХИМИИ 2021 – 2022 учебный год

8 класс

1. Этанол (этиловый спирт) смешивается с водой в любых соотношениях. Из 40 мл спирта приготовили водный раствор, в котором количество атомов водорода в четыре раза больше количества атомов кислорода. На рисунке 1 представлен график зависимости плотности водного раствора спирта от его массовой доли при температуре 25°.

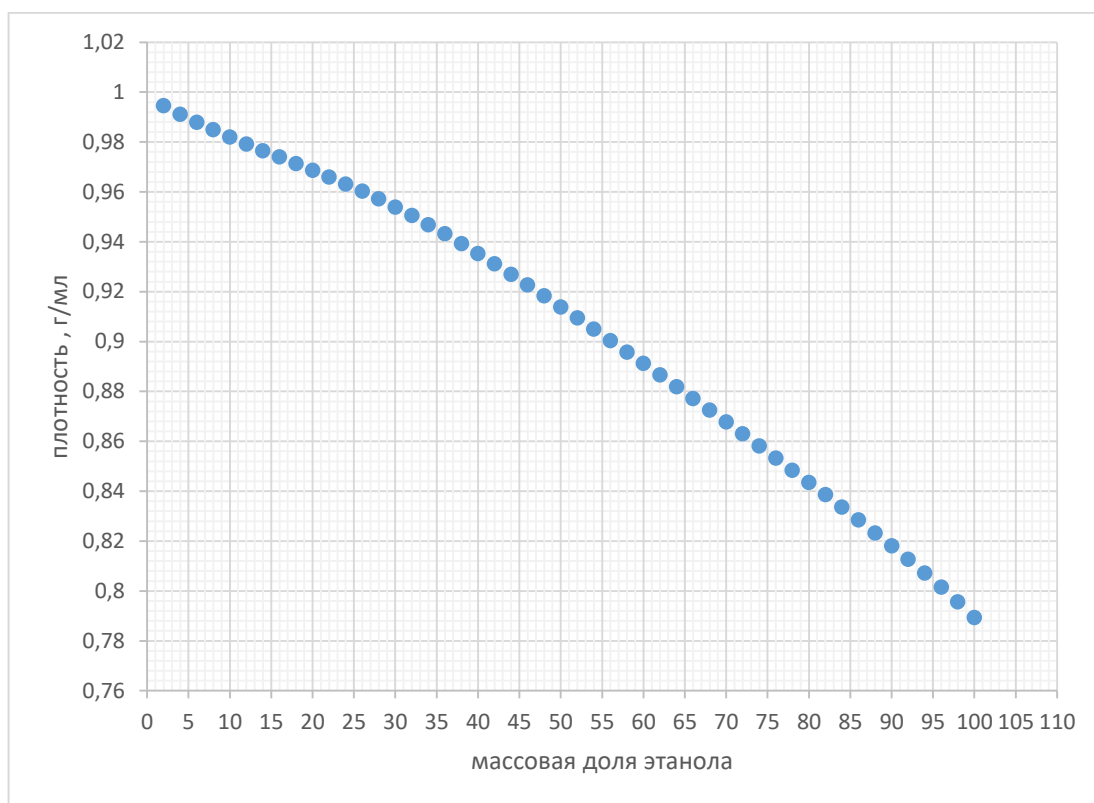


Рисунок 1. Зависимость плотности водного раствора спирта от его массовой доли при температуре 25°

Используя данные графика, ответьте на следующие вопросы:

- 1.1. Какова массовая доля спирта в приготовленном растворе?
- 1.2. Какой объем воды потребовался для его приготовления?
- 1.3. Какова масса приготовленного раствора?
- 1.4. Каков объем приготовленного раствора?

Ответ подтвердите расчетом.

Максимальное количество баллов: 22 балла

2. **Интерметаллиды** - химические соединения двух или нескольких металлов между собой. Относятся к металлическим соединениям или металлидам.

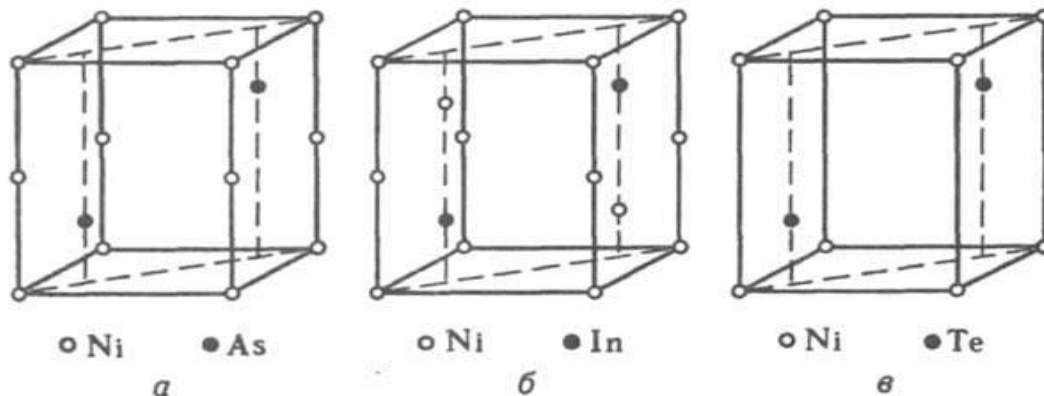
Интерметаллиды образуются в результате взаимодействия компонентов при сплавлении, конденсации из пара, а также в ходе реакций в

твердом состоянии вследствие взаимной диффузии при термической обработке и в ходе других процессов. Для них характерны преимущественно металлический тип химической связи и специфические металлические свойства.

В структуре интерметаллидов можно выделить куб – элементарную структурную единицу, по составу которой и расположению атомов внутри нее можно установить формулу интерметаллида.

Ответьте на следующие вопросы:

- 2.1. Что называют формулой вещества?
- 2.2. Что показывают индексы в формуле?



Определите формулы интерметаллидов а, б, в. Для чего предварительно ответьте на следующие вопросы:

- 2.3. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный в углу куба?
- 2.4. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный на ребре куба?
- 2.5. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный на грани куба?
- 2.6. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный внутри куба?

Учитывая ответы на вопросы, вычислите количество атомов каждого элемента в элементарной структурной ячейке и формулу каждого из интерметаллидов.

- 2.7. Сколько формульных единиц каждого из интерметаллидов образуют элементарную структурную ячейку?

Максимальное количество баллов: 24 балла.

3. Три друга решили исследовать некоторые свойства трех металлов: магния, алюминия и цинка. Первый взял кубик магния с ребром 1 см. Второй решил, что следует взять столько же цинка: на одну чашку весов друзья положили кубик магния, а на другую клали гранулы цинка до тех пор, пока весы не уравновесились. Третий решил, что следует взять столько же алюминиевой стружки: алюминиевую стружку погружали в цилиндр, заполненный водой до уровня в 5 мл, в результате уровень воды в цилиндре со стружкой находился на метке в 6 мл.

Кубик магния растворили в избытке соляной кислоты, при этом, выделился газ, который собрали над водой в газометре объемом 10 л, объем в пересчете на нормальные условия составил 1,62 л.

Прежде чем преступить к следующим экспериментам, друзья вдруг подумали, что порции металлов нельзя считать равными. Тогда они выложили алюминий и цинк на разные чашки весов и оказалось, что для уравновешивания чашек, на чашку с цинком пришлось поместить разновески на 0,96 г. Когда гранулы цинка засыпали в цилиндр с водой, уровень воды поднялся всего лишь на 0,24 мл. Затем друзья растворили взятые ими порции алюминия и цинка в избытке соляной кислоты.

3.1. Составьте уравнения реакций указанных металлов с соляной кислотой.

3.2. Какие объемы газов в пересчете на н.у. можно было собрать при растворении алюминия и цинка?

3.3. Вычислите массы и плотности всех трех металлов, которые друзья использовали в эксперименте.

3.4. Сравните взятые порции металлов по массе, количеству и числу атомов.

Максимальное количество баллов: 34 балла

9 класс

1. Этанол (этиловый спирт) смешивается с водой в любых соотношениях. Из 40 мл спирта приготовили водный раствор, в котором количество атомов водорода в три раза больше количества атомов кислорода. На рисунке 1 представлен график зависимости плотности водного раствора спирта от его массовой доли при температуре 25°.

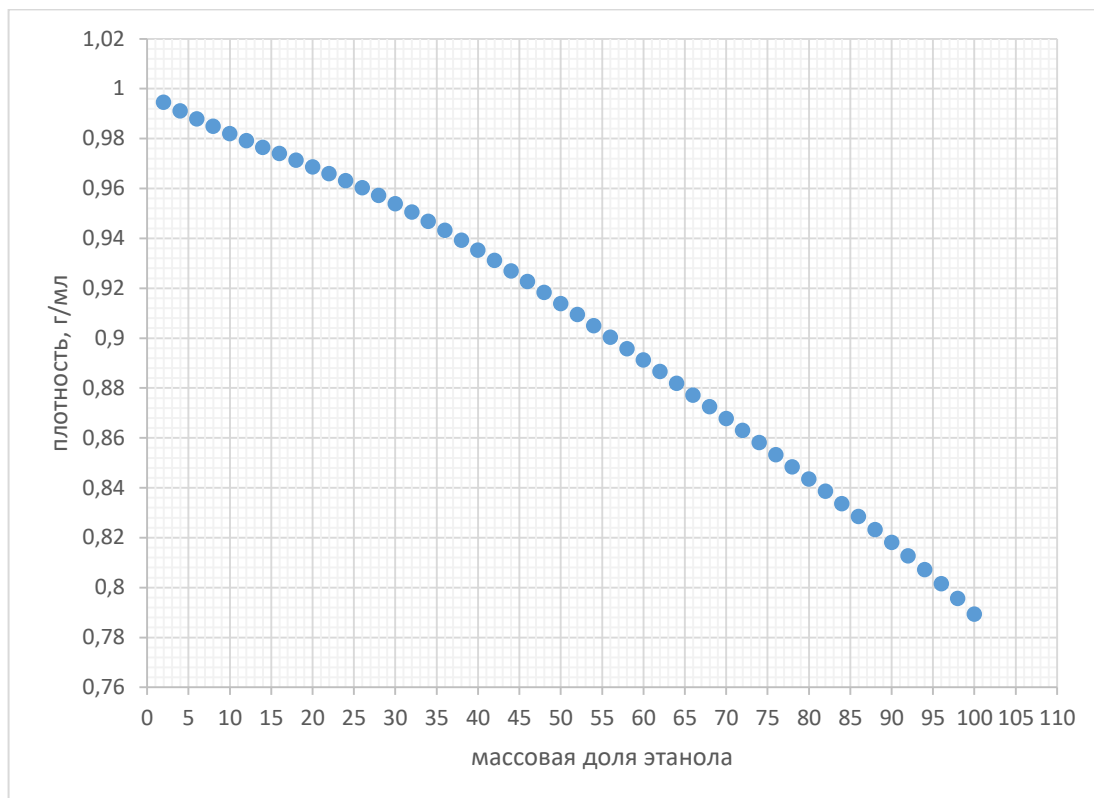


Рисунок 1. Зависимость плотности водного раствора спирта от его массовой доли при температуре 25°

Используя данные графика, ответьте на следующие вопросы:

1.1. Какова массовая доля спирта в приготовленном растворе?

1.2. Какой объем воды потребовался для его приготовления?

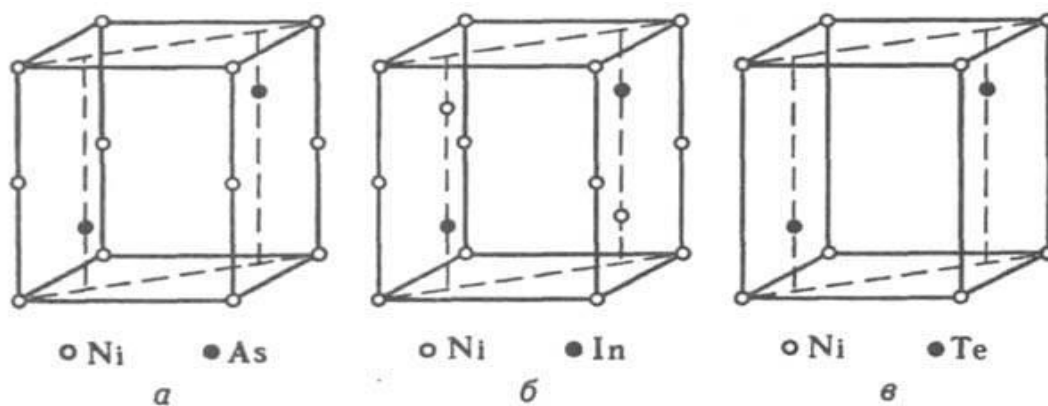
1.3. Растворится ли в этом объеме воды при 20°С: а) 1,3 г нитрата калия; б) 5 мг йода, если растворимость нитрата калия составляет при 20°С 36 г на 100 г воды, а насыщенный водный раствор йода имеет массовую долю 0,08%. Что произойдет со временем при внесении указанных масс соли и йода в воду? Что произойдет при добавлении 40 мл спирта? Дайте аргументированное объяснение, описываемым явлениям.

1.4. Какова масса приготовленного раствора этанола?

1.5. Каков объем приготовленного раствора этанола? Как меняется температура при смешивании воды и спирта? Почему при этом наблюдается выделение газа? В результате приведения раствора к первоначальным условиям как изменился объем по отношению к суммарному объему жидкостей? Дайте аргументированное объяснение наблюдаемому изменению.

Максимальное количество баллов за задание: 30 баллов

2. Интерметаллиды - соединения двух или нескольких металлов между собой. Относятся к металлическим соединениям, или металлидам. Интерметаллиды образуются в результате взаимодействия компонентов при сплавлении, конденсации из пара, а также при реакциях в твердом состоянии вследствие взаимной диффузии, при распаде пересыщенного твердого раствора одного металла в другом, в результате интенсивной пластической деформации при механическом сплавлении. Для интерметаллидов характерны преимущественно металлический тип химической связи и специфические металлические свойства. Однако среди интерметаллидов имеются также солеобразные соединения с ионной связью, соединения с промежуточным характером связи - ионно-металлической и ковалентно-металлической, а также с ковалентной. Соответственно меняются и свойства соединений.



Определите формулы интерметаллидов а, б, в. Для этого предварительно ответьте на следующие вопросы:

2.1. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный в углу куба?

2.2. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный на ребре куба?

2.3. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный на грани куба?

2.4. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный внутри куба?

Учитывая ответы на вопросы, вычислите количество атомов каждого элемента в элементарной структурной ячейке и формулу каждого из интерметаллидов.

2.5. Сколько формульных единиц каждого из интерметаллидов образуют элементарную структурную ячейку?

2.6. Какие из представленных интерметаллидов (а, б, в) имеют преимущественно металлический тип связи?

2.7. Какие из интерметаллидов (а, б, в) растворяются полностью в концентрированной соляной кислоте? Приведите уравнения реакций.

2.8. Почему другие интерметаллиды не растворяются полностью?

Максимальное количество баллов: 20 баллов.

3. Если сульфидов металлов мало, то исходными продуктами для получения серной кислоты могут служить ангидрит и гипс. Метод получения оксида серы (IV) из этих продуктов был разработан Мюллером и Кюне еще 60 лет назад. Сульфаты можно разложить, применяя высокую (до 2000 °С) температуру. Мюллер установил, что температуру разложения сульфата кальция можно снизить до 1200°С, если добавить тонкоизмельченный кокс. Сначала, при 900°С, кокс восстанавливает сульфат кальция до сульфида, который затем сопропорционирует при температуре 1200 °С с избытком неразложившегося сульфата в оксид серы (IV) . В технике работают со смесью ангидрита, кокса, глины, песка и колчеданного огарка Fe_2O_3 : при этой температуре образующаяся в ходе реакции негашеная известь сплавляется с глиной, песком и колчеданным огарком, в результате получается цементный клинкер. Червячный транспортер подает смесь в 70-метровую вращающуюся трубчатую печь, где сжигают пылевидный уголь. Температура в концевой части печи, в месте горения, составляет примерно 1400°С. Остывший клинкер размалывают и смешивают с несколькими процентами гипса – так получают второй продукт - высококачественный портландцемент. При тщательном проведении и контроле процесса из 100 т ангидрита (плюс глина, песок, кокс и колчеданный огарок) можно получить около 72 т серной кислоты и 62 т цементного клинкера.

3.1. Составьте уравнения реакций всех стадий производства серной кислоты из гипса. Укажите условия их протекания и названия реакторов.

3.2. Почему технологию производства серной кислоты из гипса в сравнении с получением из пирита можно считать «зеленой»? Приведите уравнения реакций получения цементного клинкера, учитывая, что его основные минералы трехкальциевый силикат, двухкальциевый силикат, трехкальциевый алюминат, четырехкальциевый алюмоферрит. Название минерала показывает во сколько раз количество оксида кальция в минерале превышает количество кислотного или амфотерного оксида или их смеси.

3.2. Портландцемент характеризуется довольно постоянным химическим составом. Содержание основных составляющих окислов в нем колеблется в сравнительно небольших пределах, % по массе: CaO (64 ... 67), SiO₂ (19 ... 24), Al₂O₃ (4 ... 7), Fe₂O₃ (2 ... 6), MgO (не более 5), SO₃ (не менее 1,5 и не более 3,5). Каково содержание оксидов по количеству вещества? Каково превышение содержания основных оксидов по отношению к кислотным и амфотерным? Используя это усредненное молярное отношение, приведите уравнения реакций, на которых основано затвердевание такого цемента?

3.3. Оцените выход серной кислоты и цементного клинкера из ангидрита?

Максимальное количество баллов: 32 балла.

10 класс

1. Этанол (этиловый спирт) смешивается с водой в любых соотношениях. Из 40 мл спирта плотностью 0,8014 приготовили раствор при добавлении 6 г гидроксида калия (1, 2). На рисунке 1 представлен график зависимости плотности водного раствора спирта от его массовой доли при температуре 25°.

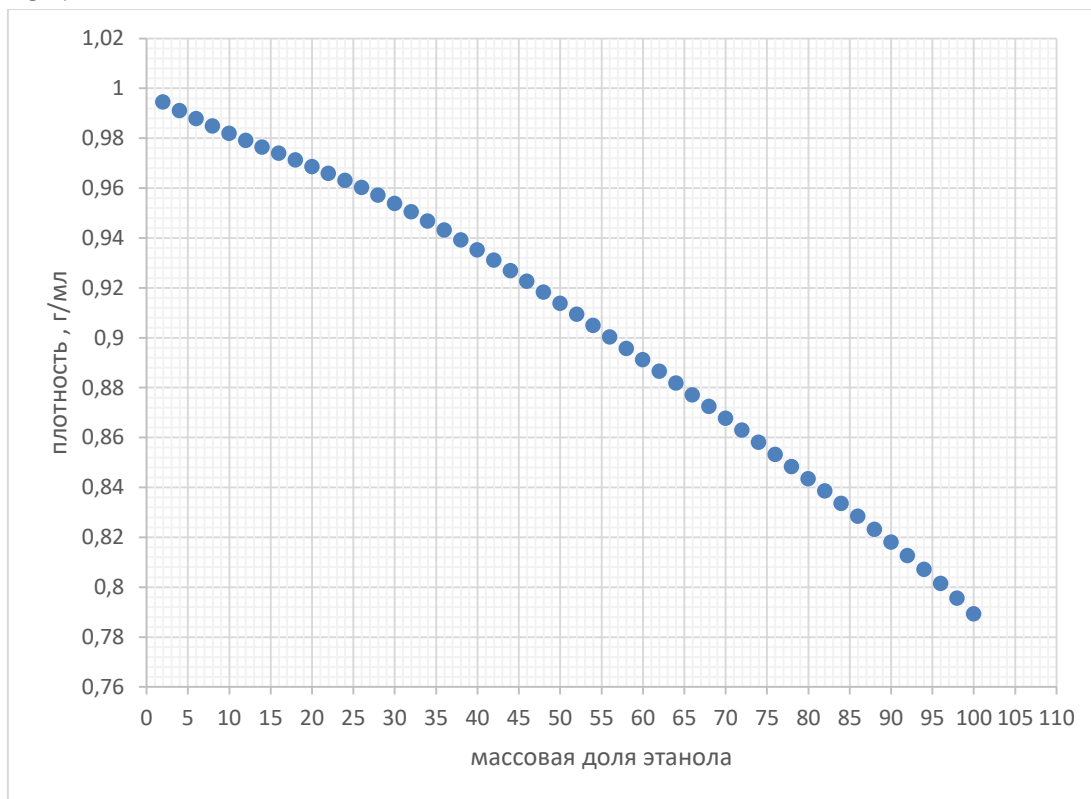


Рисунок 1. Зависимость плотности водного раствора спирта от его массовой доли при температуре 25°

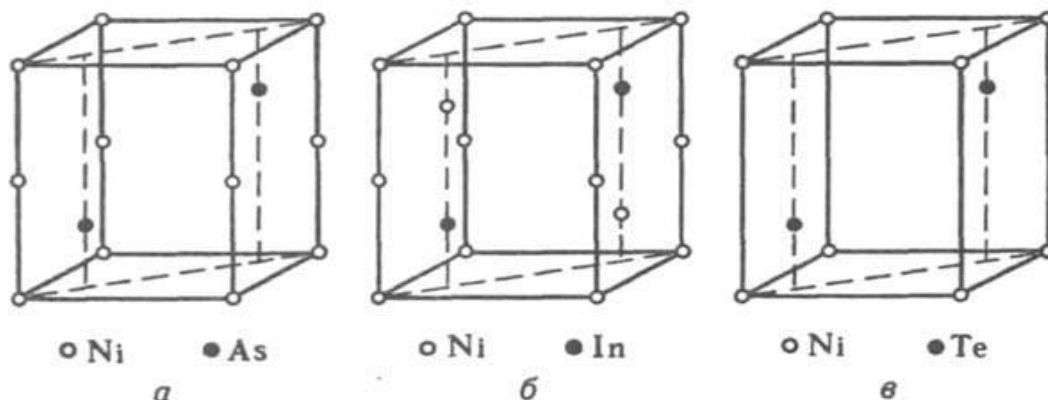
Используя данные графика, ответьте на следующие вопросы:

- 1.1. Какова масса и состав раствора до и после растворения гидроксида?
- 1.2. В полученный раствор добавили 7,7 мл бесцветной жидкости А плотностью 1,25 г/мл и нагрели, при этом выделился газ В в два раза тяжелее азота объемом 1,72 л при 25° С и нормальном давлении (2,3). Раствор, оставшийся после реакции, вызывает образование бело-желтого творожистого осадка при добавлении в водный раствор нитрата серебра (4). Газ В – смесь 3-х изомеров (В₁, В₂, В₃). Какой из компонентов раствора вступает в реакцию с А? Какого изомера в смеси меньше всего? Почему?
- 1.3. Приведите формулы А-В, для В формулы всех изомеров (В₁-В₃), уравнения реакций (1-4), состав А, В подтвердите расчетом.
- 1.4. Объясните механизмы протекающих реакций.

Максимальное количество баллов за задание: 30 баллов

2. **Интерметаллиды** - соединения двух или нескольких металлов между собой. Относятся к металлическим соединениям, или металлидам. Интерметаллиды образуются в результате взаимодействия компонентов при

сплавлении, конденсации из пара, а также при реакциях в твердом состоянии вследствие взаимной диффузии, при распаде пересыщенного твердого раствора одного металла в другом, в результате интенсивной пластической деформации при механическом сплавлении. Для интерметаллидов характерны преимущественно металлический тип химической связи и специфические металлические свойства. Однако среди интерметаллидов имеются также солеобразные соединения с ионной связью, соединения с промежуточным характером связи - ионно-металлической и ковалентно-металлической, а также с ковалентной. Соответственно меняются и свойства соединений.



Определите формулы интерметаллидов а, б, в. Для чего предварительно ответьте на следующие вопросы:

- 2.1. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный в углу куба?
- 2.2. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный на ребре куба?
- 2.3. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный на грани куба?
- 2.4. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный внутри куба?
- 2.5. Вычислите количество атомов каждого элемента в элементарной структурной ячейке и формулу каждого из интерметаллидов. Сколько формульных единиц каждого из интерметаллидов образуют элементарную структурную ячейку?
- 2.6. Укажите тип связи представленных интерметаллидов (а, б, в)?
- 2.7. Какие из интерметаллидов (а, б, в) растворяется в разбавленной азотной кислоте?
- 2.8. Почему другие интерметаллиды не растворяются полностью? Можно ли растворить остатки в концентрированной азотной кислоте? Можно ли растворить интерметаллиды в концентрированной азотной кислоте?

Максимальное количество баллов за задание: 20 баллов

3. Некоторые из сульфидных минералов железа могут комплексно использоваться в промышленности. Два таких минерала представляют собой бертоллиты – вещества переменного состава. Состав одного имеет следующую область гомогенности: $\omega(\text{S}) = 36,4-40\%$, $\omega(\text{Fe}) = 63,6 - 60\%$, у

другого область гомогенности очень узкая $\omega(\text{S}) = 53,4\%$, $\omega(\text{Fe}) = 46,6 \%$. Первой стадией их переработки является обжиг.

При производстве серной кислоты, на второй стадии, для окисления в контактный аппарат поступает обжиговый газ после очистки, содержащий 11% кислорода 82% азота и 7% сернистого газа по объему. Процесс окисления протекает при давлении около 100 кПа и температуре 420 °С с применением в качестве катализатора сульфованадата калия на диатомитовой основе. В указанных условиях в некотором контактном аппарате при установлении равновесия степень превращения сернистого газа в серный ангидрид достигает 97%. Для достижения степени превращения 98% применили обогащение кислородом воздуха, используемого на первой стадии обжига серосодержащего сырья.

3.1. Выразите состав минералов в виде формул Fe_aS_b ; для бертоллида с широкой областью гомогенности укажите границы состава. Сравните оба минерала как сырье для производства чугуна и стали (по содержанию железа), и как сырье для производства серной кислоты (по содержанию серы).

3.2. Составьте уравнения реакций первой и второй стадий получения серной кислоты, о которых идет речь в задаче. Приведите выражение константы равновесия в реакции окисления оксида серы (IV).

3.3. Какой состав должен иметь обжиговый газ с таким же содержанием сернистого газа, чтобы достичь желаемой степени превращения в серный ангидрид?

3.4. Примерно оцените, каково содержание кислорода в обогащенном воздухе, если считать, что окисление серосодержащего сырья протекает необратимо так же, как и при использовании воздуха без обогащения кислородом. Серосодержащим сырьем считать более богатый серой минерал.

3.5. Объясните, почему обогащение воздуха кислородом приводит к увеличению степени превращения сернистого газа в серный ангидрид.

3.6. Приведите формулу сульфованадата калия, если его получают сплавлением оксида ванадия с пиросульфатом калия. Опишите механизм действия катализатора. Для чего используется диатомитовая основа для катализатора?

Максимальное количество баллов за задачу: 34 балла

11 класс

1. Этанол (этиловый спирт) смешивается с водой в любых соотношениях. Из 40 мл спирта плотностью 0,8014 приготовили раствор при добавлении 6 г гидроксида калия (1, 2). На рисунке 1 представлен график зависимости плотности водного раствора спирта от его массовой доли при температуре 25°.

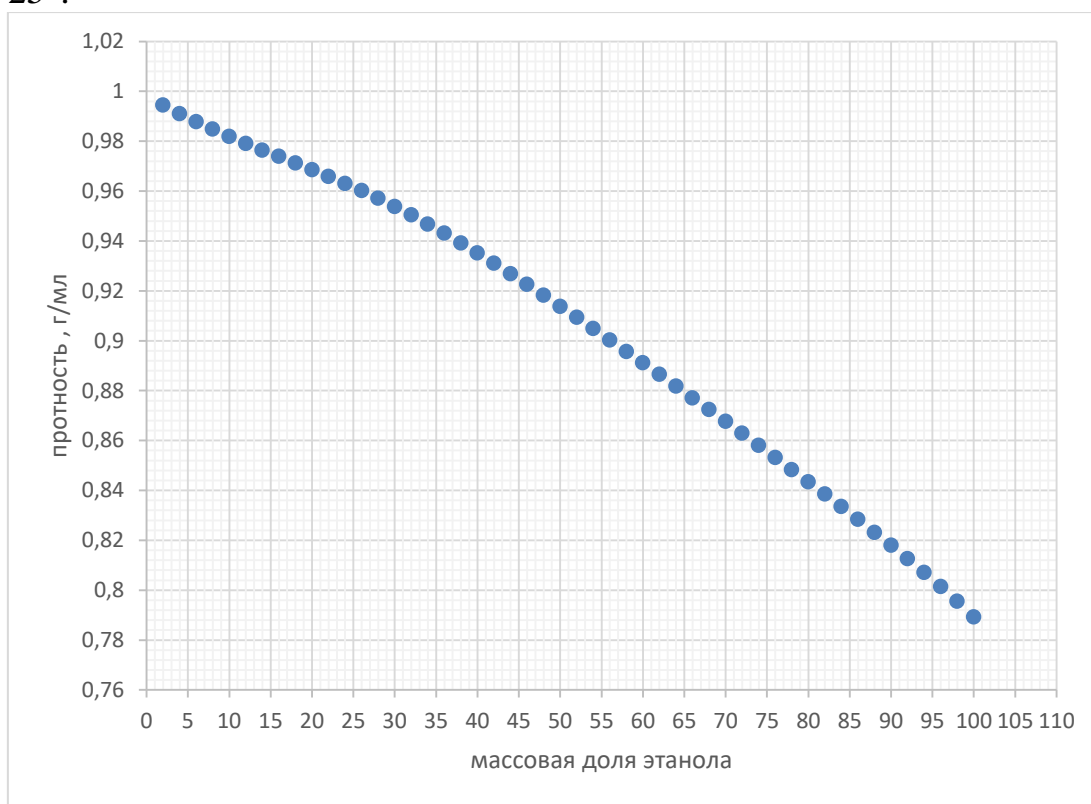


Рисунок 1. Зависимость плотности водного раствора спирта от его массовой доли при температуре 25°

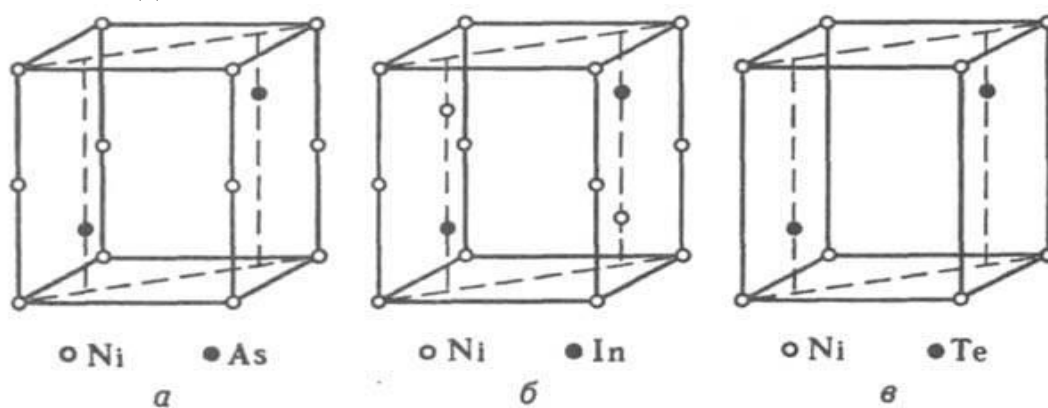
В полученный раствор добавили 7,7 мл бесцветной жидкости А плотностью 1,25 г/мл и нагрели, при этом выделился газ В в два раза тяжелее азота объемом 1,72 л при 25° С и нормальном давлении (2,3). Раствор, оставшийся после реакции, вызывает образование бело-желтого творожистого осадка при добавлении в водный раствор нитрата серебра (4). Газ В — смесь 3-х изомеров (В₁, В₂, В₃). Выход одного из них (В₃) можно увеличить с 19 до 51%, если реакцию проводить в присутствии соли С (8). Соль С получают из твердого легкоплавкого (≈25 °) кристаллического бесцветного вещества D, в результате взаимодействия его расплава с калием (5). При дегидратации D (6) можно получить еще один изомер В — В₄. В присутствии С вещество В (изомеры 1 и 2) вступает в реакцию с хлороформом (7) с образованием замещенного циклопропана Е (изомеры Е₁ и Е₂).

Ответьте на следующие вопросы:

- 1.1. Какова масса и состав раствора до и после растворения гидроксида?
- 1.2. Приведите формулы А-D, для В формулы всех изомеров (В₁-В₄), уравнения реакций (1-6), состав А, В подтвердите расчетом.
- 1.3. Объясните механизмы протекающих реакций.
- 1.4. Почему меняется состав смеси изомеров в присутствии С?

Максимальное количество баллов за задание: 30 баллов

2. Интерметаллиды - соединения двух или нескольких металлов между собой. Относятся к металлическим соединениям, или металлидам. Интерметаллиды образуются в результате взаимодействия компонентов при сплавлении, конденсации из пара, а также при реакциях в твердом состоянии вследствие взаимной диффузии, при распаде пересыщенного твердого раствора одного металла в другом, в результате интенсивной пластической деформации при механическом сплавлении. Для интерметаллидов характерны преимущественно металлический тип химической связи и специфические металлические свойства. Однако среди интерметаллидов имеются также солеобразные соединения с ионной связью, соединения с промежуточным характером связи - ионно-металлической и ковалентно-металлической, а также с ковалентной. Соответственно меняются и свойства соединений.



Определите формулы интерметаллидов а, б, в. Для этого предварительно ответьте на следующие вопросы:

2.1. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный в углу куба?

2.2. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный на ребре куба?

2.3. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный на грани куба?

2.4. Какому числу структурных единиц принадлежит атом, расположенный внутри куба?

2.5. Вычислите количество атомов каждого элемента в элементарной структурной ячейке и формулу каждого из интерметаллидов. Сколько формульных единиц каждого из интерметаллидов образуют элементарную структурную ячейку?

2.6. Опишите вид связи в представленных интерметаллидах (а, б, в).

2.7. Интерметаллиды (а, б, в) подвергли высокотемпературному хлорированию, получили смеси бинарных хлоридов, которые затем поместили в воду. Какие из смесей полностью растворяются в воде и почему? Предложите способы разделения соединений элементов из полученных смесей.

Максимальное количество баллов за задание: 20 баллов

3. X летучая бесцветная жидкость, имеющая приятный фруктовый запах. Является пищевой добавкой E1504, незаменимым компонентом фруктовой эссенции, которую добавляют в прохладительные напитки, ликеры и кондитерские изделия. Хорошо растворяется в спирте, хлороформе и эфире, в воде растворяется хуже, хорошо горит, предельная взрывоопасность имеет концентрацию в воздухе 2,2 – 9%. Это растворитель, имеющий небольшую стоимость, малую токсичность. Растворяет нитраты целлюлозы, жиры, воск. Применяется также при производстве бездымного пороха, кино- и фотопленки. Его используют для экстракции, а также для тонкослойной и колоночной хроматографии. Он также является ядом, который применяется в энтомологических морилках с целью умерщвления насекомых.

А) В промышленности X получают:

- 1) по способу Тищенко при 0-5 °С в присутствии каталитических количеств алкоголята Al;
- 2) взаимодействием уксусной кислоты с этиленом при температуре 150°С и давлении 7,7 МПа в присутствии H₂SO₄ ;
- 3) другими способами.

Лабораторные способы получения X:

- 1) взаимодействие этанола с кетеном;
- 2) реакцией угарного газа с метанолом и этиленом;
- 3) другие способы.

Б) По результатам качественного анализа в продуктах синтеза X по способу Тищенко были обнаружены кроме X, вещества Y (обладает плохой растворимостью в воде, дает реакцию серебряного зеркала) и Z (неограниченно растворяется в воде, температура кипения ниже, чем у воды, не является кислотой).

Для исследования содержания примесей в продуктах синтеза X по способу Тищенко, из реактора взяли три пробы по 2 г каждая, для анализа использовали стандартные растворы гидроксида натрия и соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л:

- 1) к пробе 1 добавили избыток хлористого гидроксилamina, на нейтрализацию полученной смеси (по метилоранжу) израсходовали 13,6 мл раствора щелочи;
- 2) к пробе 2 добавили раствор уксусного ангидрида в пиридине, после добавления небольшого количества воды полученный раствор оттитровали – на нейтрализацию затратили 8,62 мл 0,1 М раствора щелочи. В холостом опыте при добавлении воды к такому же количеству ангидрида на нейтрализацию израсходовали 15,14 мл того же раствора.
- 3) пробу 3 поместили в мерную колбу объемом 25 мл и объем раствора довели до метки водой, отобрали из полученного раствора 5 мл в колбу, в которую поместили 50 мл 0,1 М раствора гидроксида натрия и немного пероксида водорода. Раствор в колбе прокипятили с обратным холодильником, после охлаждения остаток непрореагировавшей щелочи нейтрализовали 0,1 М соляной кислотой, на нейтрализацию потребовалось 4,02 мл раствора кислоты.

3.1. Назовите X и приведите уравнения реакций промышленного синтеза по способу 1) и 2) и уравнения реакций, отражающие его лабораторные способы

получения, а также укажите, как еще получают это вещество в промышленности и в лаборатории (приведите уравнения реакций и укажите условия их протекания)

3.2. Установите качественный и количественный состав продукта синтеза, приведите уравнения реакций, которые лежат в основе анализа. Какие еще качественные реакции можно было бы провести для идентификации соединений Y и Z? Какие из компонентов смеси обесцвечивают подкисленный раствор перманганата? Приведите соответствующие уравнения реакций.

Максимальное количество баллов за задачу: 33 балла