

Учреждение образования  
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»

Н. С. СТУПЕНЬ

## РЕШЕНИЕ УСЛОЖНЕННЫХ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ

*Электронный учебно-методический комплекс  
для студентов специальности 1-02 04 01 Биология и химия*

Брест  
БрГУ имени А. С. Пушкина  
2021



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 1 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

*Автор:*

кандидат технических наук, доцент

**Н. С. Ступень**

*Рецензенты:*

кафедра инженерной экологии и химии

УО «Брестский государственный технический университет»

кандидат технических наук, доцент

**С. В. Басов**

## **Ступень Н. С.**

Решение усложненных задач по химии : электронный учеб. метод. комплекс для студентов специальности 1-02 04 01 «Биология и химия» / Н. С. Ступень; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2021. – 251 с.

Электронный учебно-методический комплекс содержит элементы программы, теоретический материал, практические работы, примеры решения задач, расчетные задачи для самостоятельной работы по дисциплине «Решение усложненных задач по химии». ЭУМК может быть использован, как в процессе самостоятельной работы студентов, так и на лекционных и практических занятиях.

ЭУМК адресован для студентов специальности 1-02 04 01 «Биология и химия».

**УДК 546**

**ББК 24.1**



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 2 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> . . . . .	5
<b>Содержание учебного материала</b> . . . . .	8
<b>Теоретический курс</b> . . . . .	12
Тема 1. Типы расчетных задач в химии . . . . .	12
Тема 2. Химическая стехиометрия . . . . .	19
Тема 3. Решение задач на газовые смеси. Смеси веществ в кристаллическом состоянии и в растворах . . . . .	28
Тема 4. Решение задач на химическую термодинамику и кинетику . . . . .	38
Тема 5. Решение задач на растворы. Ионные равновесия в растворах электролитов . . . . .	50
Тема 6. Решение задач на окислительно-восстановительные процессы . . . . .	71
Тема 7. Решение задач на основные классы неорганических веществ . . . . .	83
Тема 8. Основные типы расчетов в органической химии . . . . .	87
Тема 9. Особенности содержания и решения олимпиадных задач и задач централизованного тестирования . . . . .	94
<b>Практические занятия</b> . . . . .	109
Занятие 1. Типы расчетных задач в химии . . . . .	111
Занятие 2. Методы решения и оформления задач по химии . . . . .	112
Занятия 3–4. Химическая стереохимия: основные законы химии . . . . .	113
Занятие 5. Решение задач на газовые смеси. Смеси веществ в кристаллическом состоянии и в растворах . . . . .	126
Занятие 6. Решение задач на химическую кинетику . . . . .	135
Занятие 7. Решение задач на химическое равновесие . . . . .	139
Занятие 8. Решение задач на химическую термодинамику . . . . .	144
Занятие 9. Решение задач на растворы . . . . .	149
Занятие 10. Решение задач на ионные равновесия в растворах электролитов . . . . .	156



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 3 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Занятие 11. Решение задач на окислительно-восстановительные процессы .	162
Занятие 12. Решение задач на электрохимические процессы . . . . .	166
Занятия 13–14. Решение задач на основные классы неорганических веществ	169
Занятия 15–16. Основные типы расчетов в органической химии . . . . .	179
Занятия 17–18. Решение олимпиадных задач по химии . . . . .	185
Занятие 19. Решение задач централизованного тестирования по химии . . .	216
Ответы . . . . .	236
<b>Список литературы</b> . . . . .	251



*Кафедра  
химии*

*Начало*

*Содержание*



*Страница 4 из 251*

*Назад*

*На весь экран*

*Закреть*

## ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Решение усложненных задач по химии» является дисциплиной цикла специальных дисциплин компонента учреждений высшего образования для студентов специальности 1-02 04 01 «Биология и химия».

ЭУМК «Решение усложненных задач по химии» разработан в соответствии с ОСВО 1-02 04 01-2013 и учебным планом специальности 1-02 04 01 «Биология и химия» (рег. № Б-48-19/ уч., от 30.05.2019 г.).

Содержание учебного материала, представленного в электронном учебно-методическом комплексе (ЭУМК) «Решение усложненных задач по химии», соответствует учебной программе (регистрационный номер УД-32-004-16/уч. от 30.06.2016) и включает в себя программный материал, теоретическую часть, примеры решения задач, расчетные задачи для самостоятельного решения, список литературы.

Целью ЭУМК является формирование предметно-специальной компетенции в области математических расчетов применительно к задачам с химическим содержанием.

Содержание дисциплины «Решение усложненных задач по химии» представлено основными разделами общей химии (химическая стехиометрия, смеси веществ в газообразном, жидком и твердом состоянии, растворы, ионные равновесия в растворах электролитов, окислительно-восстановительные процессы, основные классы неорганических соединений). Большое внимание уделяется основным типам математическим расчетам в органической химии, а также особенностям содержания и решения усложненных и олимпиадных задач, а также задач централизованного тестирования по химии.

Все выбранные разделы изучаются в школе. Овладение методикой решения задач согласно программе данной дисциплины позволит будущему учителю химии не только решать задачи, предусмотренные программой школьного курса химии, но и задачи факультативного и олимпиадного уровня.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 5 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

В ЭУМК представлены алгоритмы решения задач на перечисленные выше темы. Так же по каждой теме представлены задачи для самостоятельного решения, правильность решения, которых студенты смогут проверить по ответам.

После изучения дисциплины «Решение усложненных задач по химии» студенты: должны **знать**: основные типы расчетных задач и алгоритмы их решения; методики, средства и критерии контроля качества знаний при решении задач по химии;

должны **уметь**: записывать уравнения химических реакций, осуществлять расчеты по формулам, отражающим основные законы и количественные отношения в химии; логически рассуждать, планировать, делать краткие записи, производить расчеты и обосновывать их теоретическими предпосылками, дифференцировать определенные проблемы на отдельные вопросы для решения задач по химии; использовать задачи на разных типах уроков, факультативных и элективных курсах по химии; использовать задачи по химии как средство контроля и самоконтроля, для развития навыков самостоятельной работы; устанавливать связь между знаниями основ химии и физики и областями применения этих знаний;

должны **владеть**: механизмами решения различных типов задач по химии; правилами оформления химических задач; методикой обучения учащихся решению задач различного уровня сложности, включая олимпиадные.

При изучении дисциплины «Решение усложненных задач» используются такие формы обучения, как лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов. Для закрепления изученного материала целесообразно использовать следующие формы самостоятельной работы студентов:

- повторение теоретических аспектов по темам соответствующих типов задач;
- самостоятельное решение задач по типовому алгоритму;
- составление авторских задач по основным разделам общей химии;
- разработка алгоритмов решения задач.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 6 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Текущая аттестация качества усвоения знаний студентами предполагает устные опросы, решение задач, контрольные работы по решению типовых задач. Итоговая аттестация по дисциплине «Решение усложненных задач по химии» проводится в форме зачета.



*Кафедра  
химии*

*Начало*

*Содержание*



*Страница 7 из 251*

*Назад*

*На весь экран*

*Закреть*

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Тема 1. Типы расчетных задач в химии. Методы решения и оформления задач по химии

Классификация расчетных задач в химии, их особенности. Качественные и количественные химические задачи. Основные алгоритмы решения задач. Требования к оформлению задач по химии.

### Тема 2. Химическая стехиометрия

Вычисление относительной молекулярной массы вещества. Вычисление отношения масс атомов элементов в химическом соединении. Вычисление массовой доли (процентного содержания) элемента в химическом соединении. Вычисление массы определенного химического количества вещества. Вычисление объемов газообразных веществ, вступающих в химические реакции. Вычисление относительной плотности газов.

### Тема 3. Решение задач на газовые смеси. Смеси веществ в кристаллическом состоянии и в растворах

Вычисление плотности газовых смесей. Вычисление относительной плотности одного газа (или смеси газов) по другому газу. Нахождение количества газов в смеси, их мольные, объемные и массовые доли.

Расчеты массовой доли каждого компонента кристаллических веществ (или веществ в растворе) в смеси по уравнениям химических реакций.

### Тема 4. Решение задач на химическую термодинамику и кинетику. Химическое равновесие

Вычисление теплового эффекта химической реакции по значениям тепловых эффектов других реакций. Вычисление теплового эффекта химических реакций по



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 8 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



следствию из закона Гесса с использованием стандартных энтальпий сложных веществ. Вычисление изменения энтропии в ходе химической реакции. Оценка знака изменения энтропии в ходе химических реакций с участием газообразных веществ. Определение самопроизвольности протекания химических реакций на основании расчета изменения энергии Гиббса.

Вычисление скорости простых химических реакций на основании закона действующих масс. Вычисление скорости реакции при различной температуре на основании правила Вант-Гоффа. Вычисление исходных и равновесных концентраций веществ в обратимых реакциях, расчет константы химического равновесия. Принципы смещения химического равновесия на основе правила Ле Шателье. Решение качественных химических задач на смещение химического равновесия.

### **Тема 5. Решение задач на растворы. Ионные равновесия в растворах электролитов**

Массовая доля и молярная концентрация как основные способы выражения состава растворов. Вычисление массы растворенного вещества и растворителя. Вычисление массы кристаллогидратов, необходимых для приготовления раствора заданного состава. Вычисление массы раствора по его объему и объема раствора по его массе. Вычисления при разбавлении и приготовлении более концентрированных растворов.

Вычисление степени диссоциации по закону разбавления Освальда. Вычисление водородного показателя в растворах сильных и слабых электролитов. Вычисление водородного показателя в растворах электролитов.

### **Тема 6. Решение задач на окислительно-восстановительные процессы**

Правила расчета степеней окисления элементов в химическом соединении. Использование метода электронного баланса для расстановки стехиометрических коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций. Расстановка



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 9 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

коэффициентов в уравнениях реакций, когда одно из реагирующих веществ расходуется на связывание продуктов. Расстановка коэффициентов в реакциях, когда степень окисления изменяется у трех элементов.

Вычисление электродвижущей силы гальванического элемента. Химические процессы, протекающие при работе гальванического элемента, в расплавах и водных растворах электролитов. Вычисление массы вещества, вступающего в электрохимическую реакцию по закону Фарадея.

### **Тема 7. Решение задач на основные классы неорганических веществ**

Основные классы неорганических соединений и генетическая связь между ними. Простые вещества. Оксиды, кислоты, основания, соли. Цепочки превращений.

### **Тема 8. Основные типы расчетов в органической химии**

Основные классы органических соединений. Основные типы качественных и количественных задач в органической химии. Цепочки превращений.

### **Тема 9. Особенности содержания и решения олимпиадных задач и задач централизованного тестирования**

Основные типы олимпиадных задач по химии. Методы решения усложненных расчетных задач.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 10 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Примерный тематический план

№	Название тем	Количество аудиторных часов		
		Лекции	Практические работы	Всего
1	Типы расчетных задач в химии. Методы решения и оформления задач по химии	2	4	6
2	Химическая стереохимия	–	4	4
3	Решение задач на газовые смеси. Смеси веществ в кристаллическом состоянии и в растворах	2	2	4
4	Решение задач на химическую термодинамику и кинетику. Химическое равновесие	2	6	8
5	Решение задач на растворы. Ионные равновесия в растворах электролитов	2	4	6
6	Решение задач на окислительно-восстановительные процессы	2	4	6
7	Решение задач на основные классы неорганических веществ	–	4	4
8	Основные типы расчетов в органической химии	2	4	6
9	Особенности содержания и решения олимпиадных задач и задач централизованного тестирования	2	6	8
<b>Итого</b>		<b>14</b>	<b>38</b>	<b>52</b>



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 11 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

## Тема 1. ТИПЫ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ В ХИМИИ. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ

**Химическая учебная расчетная задача** – это модель проблемной ситуации, решение которой требует от учащихся мыслительных и практических действий на основе знания законов, теорий и методов химии, направленная на закрепление, расширение знаний и развитие химического мышления.

Сознательное изучение основ химии невозможно без понимания количественной стороны химических процессов. Решение задач содействует конкретизации и упрочению знаний, развивает навыки самостоятельной работы, служит закреплению в памяти студентов химических законов, теорий и важнейших понятий. Выполнение задач расширяет кругозор студентов, позволяет устанавливать связи между явлениями, между причиной и следствием, развивает умение мыслить логически, а также является составляющей частью химической компетенции, которой должны овладеть будущие учителя химии. Умение решать задачи является одним из показателей уровня развития химического мышления учащихся, глубины усвоения ими учебного материала. Решение задач – это не самоцель, а средство обучения, способствующее прочному усвоению знаний.

Решение задач с психолого-педагогической точки зрения позволяет:

- учить мыслить, ориентироваться в проблемной ситуации;
- учить понимать явления в свете важнейших теорий и законов;
- устанавливать связи химии и другими предметами, особенно с физикой и математикой.

Исходя из вышеуказанной роли задач в курсе изучения химии, при решении задач ставится образовательная цель: усвоение, закрепление, систематизация и совершенствование учебного материала, формирование важных структурных элементов



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 12 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

знаний, осмысление химической сущности явлений. Процесс решения задачи – это познавательный процесс, это восхождение от абстрактного к конкретному. В методологическом аспекте – это подход от абстрактного мышления к практике, связь частного с общим.

Воспитательная цель решения задач по химии заключается в формировании мировоззрения, осознании материала, расширении кругозора в краеведческих и политехнических вопросах, реализации межпредметных связей, показывающих единство природы, связь обучения с жизнью.

В ходе решения задач идет сложная мыслительная деятельность учащихся, которая определяет развитие как содержательной стороны мышления (знаний), так и действенной (операций, действий). В этом заключается развивающая цель процесса решения химических задач.

Каждая химическая задача состоит из совокупности данных, условия задачи и вопроса. Кроме этого, в ней обязательно есть определенная система функциональных зависимостей, которые связывают необходимые данные между собой. Именно эти зависимости и дают возможность искать решение задачи.

Следует отметить, что решение расчетных задач занимает в химическом образовании важное место, так как это один из приемов обучения, посредством которого обеспечивается более глубокое и полное усвоение учебного материала по химии. Чтобы научиться химии, изучение теоретического материала должно сочетаться с систематическим использованием решения различных задач.

Для успешного овладения навыками решения расчетных задач мы предлагаем разделить процесс обучения на несколько этапов. Первый этап включает в себя формирование общих понятий данного типа химических задач: отличительные признаки данного типа задач, обязательный набор условий для данного типа – узнавания типа задачи; формирование общих принципов решения расчетных задач разных типов, определение конкретного алгоритма на основании общих принципов решения.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 13 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Второй этап – практический – решение расчетных задач разнообразными способами, с нарастающим уровнем сложности. Завершается этот этап обязательно решением комбинированных и усложненных задач.

Третий этап – составление условий задач, что позволяет лучше осмыслить, взглянуть изнутри на решение задачи, поставить себя на позицию автора задачи.

Не существует единого подхода к классификации химических задач. В учебных пособиях по методике химии, специальных методических пособиях по решению задач и в статьях приводятся различные варианты классификации задач. Общеизвестной является классификация химических задач на качественные и количественные, которые решаются устным, письменным и экспериментальными способами.

### Классификация задач

Химические расчетные задачи можно условно разделить на три группы:

*1. Задачи, решаемые с использованием химической формулы вещества, или задачи на вывод формулы (без использования уравнения реакций):*

- расчеты соотношений масс элементов в веществах;
- расчеты массовой доли элемента в соединении по его формуле;
- расчеты по соотношениям «масса – моль»;
- расчеты по соотношениям «объем – моль»;
- расчеты с использованием относительной плотности газов;
- выведение простейшей формулы вещества;
- выведение истинной формулы вещества;
- расчеты с использованием числа Авогадро;
- задачи на газовые смеси.

*2. Задачи, для решения которых используют уравнение химической реакции:*

- расчет массы веществ по известной массе другого вещества;
- расчеты по соотношению «масса – моль» по уравнению реакции;



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 14 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

- расчеты по соотношению «объем – моль» по уравнению реакции;
- задачи с использованием понятий «избыток – недостаток»;
- задачи с использованием веществ, одно из которых содержит примеси;
- задачи на выход продукта реакции и на производственные потери;
- задачи на нахождение химической формулы;
- задачи, в которых вещества даны в виде растворов;
- задачи на смеси в кристаллическом состоянии;
- задачи на смеси газов, реагирующих друг с другом.

### *3. Задачи, связанные с растворами веществ:*

- расчеты, связанные с приготовлением растворов;
- расчеты состава растворов;
- задачи на растворимость;
- задачи на кристаллогидраты.

Решение задач занимает в химии важное место. Во-первых, это один из приемов обучения, посредством которого обеспечивается более глубокое и полное усвоение учебного материала по химии и вырабатывается умение самостоятельного применения приобретенных знаний на практике. Во-вторых, это прекрасный способ осуществления межпредметных связей и связи химической науки с жизнью. Поэтому успешное решение задач учащимися является одним из завершающих этапов в познании химических процессов. Чтобы научиться химии, систематическое изучение известных истин химической науки должно сочетаться с самостоятельным поиском решения сначала малых, а затем и больших проблем.

Решение задач требует умения логически рассуждать, планировать, делать краткие записи, производить расчеты и обосновать их теоретическими предпосылками, дифференцировать определенные проблемы в целом. При этом закрепляются полученные ранее знания, развиваются и формируются новые навыки учащихся. Задачи, включающие определенные химические ситуации, становятся стимулом для



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 15 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

самостоятельной работы студентов над учебным материалом, являются средством контроля и самоконтроля, помогают определить степень усвоения знаний и умений и их использования на практике; позволяют выявить пробелы в знаниях и умениях учащихся и разработать тактику их устранения. При решении задач развивается кругозор, память, речь, мышление, а также формируется мировоззрение в целом; происходит сознательное усвоение и лучшее понимание химических теорий, законов и явлений. Психологи и дидакты рассматривают решение задач как модель комплекса умственных действий. Мышление при этом выступает как проблема «складывания» операций в определенную систему знаний с ее последующим обобщением. Значительна роль задач в организации поисковых ситуаций, необходимых при проблемном обучении, а также в осуществлении процесса проверки знаний учащихся и при закреплении полученного материала.

При всей важности отдельных задач эффект целостного образовательного процесса обеспечивается всем множеством задач по каждой теме, которое должно образовывать систему. Таким образом, ключевой элемент ресурсного обеспечения учебного процесса – система задач.

**Системой задач** называется совокупность задач к блоку изучаемой теме, удовлетворяющая ряду требований.

1. **Полнота.** В системе задач присутствуют задачи на все изучаемые понятия, факты, способы деятельности, включая мотивационные, подводящие под понятие, на аналогию, следствия из фактов.

2. **Наличие ключевых задач.** Задачи сгруппированы в узлы вокруг объединяющих центров – задач, в которых рассматриваются факты или способы деятельности, применяемые при решении других задач и имеющие принципиальное значение для усвоения предметного содержания.

3. **Связность.** Вся совокупность задач может быть представлена последовательным рядом: ключевые задачи, выше них – подготовительные и вспомогательные, ниже – следствия, обобщения и т. д.



## Кафедра химии

Начало

Содержание



Страница 16 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



4. *Возрастание трудности в каждом уровне.* Система состоит из трех подсистем, соответствующих минимальному, общему и продвинутому уровням планируемых результатов обучения. В каждой из подсистем трудность задач непрерывно нарастает.

5. *Целевая ориентация.* Для каждой задачи определено ее место и назначение в блоке изучения материала.

6. *Целевая достаточность.* В системе достаточно задач для тренировки, аналогичных задач для закрепления методов решения, задач для индивидуальных и групповых заданий разной направленности, для самостоятельной (в том числе исследовательской) деятельности учащихся, для текущего и итогового контроля с учетом запасных вариантов и т. д.

7. *Психологическая комфортность.* Система задач учитывает наличие разных темпераментов, типов мышления, видов памяти.

Система задач – основной ресурс преподавателя для реализации эффективного образовательного процесса. От качества этого ресурса более чем наполовину зависит качественное изучение дисциплин химического цикла.

### **Этапы решения задач**

Решение задачи состоит из многих операций, которые связаны между собой и применяются в некоторой логической последовательности. Выявление этих связей и определение последовательности логических и математических операций лежат в основе умения решать задачи.

Решение предполагает поисковую деятельность, включение в этот процесс интеллектуальных операций. С точки зрения дидактики важно иметь в виду и то обстоятельство, что при решении любой задачи (математической, физической, химической и др.) задаются цель, условия и требования к учебно-познавательной деятельности. Естественно предположить существование закономерностей для процесса овладения общей процедурой деятельности. Отсюда вытекает необходимость исполь-



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 17 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

зования общей методологии решения задач, т. е. объективного процесса интеграции естественно-научных и математических знаний и умений.

В общем виде способ решения химических задач можно представить следующим порядком действий:

- 1) краткая запись условия задачи (вначале указывают буквенные обозначения заданных величин и их значения, а затем – искомые величины, которые при необходимости приводятся в единую систему единиц (количественная сторона));
- 2) выявление химической сущности задачи, составление уравнений всех химических процессов и явлений, о которых идет речь в условии задачи (качественная сторона);
- 3) соотношения между качественными и количественными данными задачи, т. е. установление связей между приводимыми в задаче величинами с помощью алгебраических уравнений (формул) – законов химии и физики;
- 4) математические расчеты.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 18 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Тема 2. ХИМИЧЕСКАЯ СТЕХИОМЕТРИЯ

Соотношения (массовые и объемные) между реагирующими веществами и продуктами реакций получило название **стехиометрия**. В основе стехиометрии лежат законы: сохранения массы, эквивалентов, постоянства состава, кратных отношений, объемных отношений и Авогадро. Именно в результате открытия этих законов химия сформировалась как наука. Были сформулированы ее основные понятия, такие как химическое соединение, химический элемент, химическая реакции. Разработаны и основы методологии изучения химических превращений. Соотношения, в которых, согласно законам стехиометрии вступают в реакции вещества, называются стехиометрическими. Они имеют важнейшее значение для химии, поскольку используются в расчетах, связанных с установлением формул веществ и нахождением теоретически возможного выхода продуктов реакции. Именно поэтому стехиометрические законы называют основными законами химии.

Для того чтобы вести математические расчеты в химии, необходимо владеть понятиями и формулами следующих величин.

1. *Абсолютные массы атомов и молекул* ( $m_a$ ) – это масса атома или молекулы, выраженная в граммах и килограммах. Эти величины очень малы, и пользоваться такими значениями неудобно. Поэтому была введена атомная единица массы, за которую приняли  $1/12$  часть массы атома изотопа  $^{12}\text{C}$  – основного изотопа природного углерода:

$$1 \text{ а.е.м.} = 1/12 \cdot m_a (^{12}\text{C}) = 1,66057 \cdot 10^{-24} \text{ г (или } 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг)}.$$

2. *Относительная атомная масса* ( $A_r$ ) – безразмерная величина, равная отношению средней массы атома элемента (с учетом процентного содержания изотопов в природе) к  $1/12$  части массы атома  $^{12}\text{C}$ .

3. *Относительная молекулярная масса* ( $M_r$ ) – безразмерная величина, показывающая, во сколько раз масса молекулы данного вещества больше  $1/12$  части массы



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 19 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

атома углерода  $^{12}\text{C}$ :

$$M_r = m / (1/12 m_a (^{12}\text{C})) .$$

4. *Количество вещества ( $n$ )* – физико-химическая величина, которая показывает число частиц (молекул, атомов, ионов, электронов и др.) в данной порции вещества. Единицей количества вещества является моль.

5. *Моль* – это количество вещества, которое содержит столько частиц, сколько содержится атомов углерода в 12 г изотопа  $^{12}\text{C}$ .

6. *Постоянная Авогадро ( $N_A$ )* – величина, показывающая число структурных единиц в одном моле вещества. Один моль любого вещества в любом агрегатном состоянии содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов, молекул или других структурных единиц:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} .$$

7. *Молярная масса ( $M$ )* – это масса одного моля вещества.

Молярная масса вещества равна отношению массы вещества к соответствующему количеству вещества:

$$M = m / n \text{ [г/моль]} .$$

8. *Эквивалент* – это реальная или условная частица вещества, которая в данной кислотно-основной реакции эквивалентна одному катиону водорода или в данной окислительно-восстановительной реакции эквивалентна одному электрону.

9. *Фактор эквивалентности ( $f_{\text{экв}}$ )* – это число, показывающее, какая доля реальной частицы вещества эквивалентна одному катиону водорода в данной кислотно-основной реакции или одному электрону в данной окислительно-восстановительной реакции.

10. *Молярная масса эквивалента ( $M_{f_{\text{экв}}}$ )* – масса одного эквивалента вещества, равная произведению фактора эквивалентности на молярную массу вещества:

$$M_{f_{\text{экв}}} = M \cdot f_{\text{экв}} .$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 20 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Эквивалент элемента определяется:  $f_{\text{ЭКВ}}(\text{элемента}) = 1/\text{валентность}$ .

Эквивалент кислоты определяется:  $f_{\text{ЭКВ}}(\text{кислоты}) = 1/\text{основность}$ .

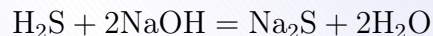
Эквивалент основания определяется:  $f_{\text{ЭКВ}}(\text{основания}) = 1/\text{кислотность}$ .

Эквивалент соли определяется:

$f_{\text{ЭКВ}}(\text{соли}) = 1/\text{валентность металла} \cdot \text{число атомов металла}$ .

Следует знать, что фактор эквивалентности и эквивалент вещества рассчитывают на основании уравнения химической реакции. Эквивалент одного и того же вещества в различных реакциях может быть разным.

Например, в кислотно-основной реакции между сероводородом и гидроксидом натрия



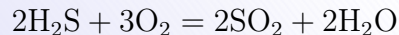
участвуют оба катиона водорода молекулы сероводорода. Следовательно, одному катиону  $\text{H}^+$  эквивалентна условная частица  $-1/2$  молекулы  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $f_{\text{ЭКВ}}(\text{H}_2\text{S}) = 1/2$ .

Если же в результате реакции образуется гидросульфид натрия, то в молекуле сероводорода замещается один катион водорода



Следовательно, одному катиону  $\text{H}^+$  эквивалентна реальная частица – молекула  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $f_{\text{ЭКВ}}(\text{H}_2\text{S}) = 1$ .

В окислительно-восстановительной реакции горения сероводорода:



степень окисления серы меняется с  $-2$  до  $+4$ , молекула  $\text{H}_2\text{S}$  отдает шесть электронов. Следовательно, одному электрону эквивалентна условная частица  $-1/6$  молекулы  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $f_{\text{ЭКВ}}(\text{H}_2\text{S}) = 1/6$ .

11. Молярный объем газа ( $V_m$ ) – объем, который занимает 1 моль газа:

$$V_m = V/n \text{ [дм}^3\text{/моль]}.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 21 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Основные законы стехиометрии

1. *Закон сохранения массы веществ (М. В. Ломоносов, 1748 г., А. Лавуазье, 1789 г.):* масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции.

Атомно-молекулярное учение этот закон объясняет следующим образом: в результате химических реакций атомы не исчезают и не возникают, происходит только перегруппировка атомов. Таким образом, химическое превращение представляет собой процесс разрыва одних связей между атомами и образование других, в результате чего из молекул исходных веществ образуются молекулы продуктов реакции. Поскольку число атомов до реакции и после нее остается неизменным, то и общая их масса также не изменяется.

2. *Закон постоянства состава веществ (Ж. Пруст, 1808 г.):* все химические соединения независимо от способа получения имеют постоянный качественный и количественный состав. Данный закон не выполняется для веществ переменного состава.

3. *Закон кратных отношений (Дж. Дальтон, 1803 г.):* если два элемента образуют несколько соединений, то на одну и ту же массовую часть одного элемента будут приходиться такие массовые части другого, которые относятся друг к другу как небольшие целые числа.

4. *Закон эквивалентов (И. Рихтер, 1793 г.):* массы реагирующих веществ относятся между собой как молярные массы их эквивалентов:

$$m_1/m_2 = M_{\text{экв}1}/M_{\text{экв}2}.$$

5. *Закон Авогадро (1811 г.):* в равных объемах различных газов при одинаковых условиях (температура, давление и т. д.) содержится одинаковое число молекул.

6. *1-е следствие из закона Авогадро:* равные количества различных газов при одинаковых условиях занимают одинаковый объем.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 22 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

При нормальных условиях ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273\text{ }^{\circ}\text{K}$ ,  $1\text{ атм} = 101,3\text{ кПа}$ ) 1 моль любого газа занимает объем  $22,4\text{ дм}^3$ . Эта величина называется *молярным объемом газа при н. у.* Молярный объем газа – объем, который занимает 1 моль газа:

$$V_m = V/n \text{ [дм}^3\text{/моль]}.$$

7. 2-е следствие из закона Авогадро: относительная плотность одного газа по другому равна отношению их молярных или относительных молекулярных масс:

$$D = M_1/M_2.$$

8. Объединенный газовый закон представляет собой объединение трех независимых частных газовых законов: Гей-Люссака, Шарля, Бойля – Мариотта. Уравнение объединенного газового закона (объединенное газовое уравнение) можно записать так:

$$P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2.$$

Объединенное газовое уравнение, в частности, используется для приведения объема газа к нормальным условиям.

9. Уравнение Менделеева – Клапейрона:

$$PV = nRT,$$

где  $n$  – химическое количество (моль);  $P$  – давление (Па);  $V$  – объем ( $\text{м}^3$ );  $T$  – абсолютная температура ( $^{\circ}\text{K}$ );  $R$  – универсальная газовая постоянная ( $8,314\text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$ ).

Уравнение Менделеева – Клапейрона позволяет, в частности, вычислить молярные массы газов.

Если объем и давление газа выражены в других единицах измерения, то значение и размерность универсальной газовой постоянной другое.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 23 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Примеры решения типовых задач

**Задача 1.** В какой массе (г) уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  число атомов углерода такое же, как и в 32 г карбида кальция  $\text{CaC}_2$ ?

### Решение

При решении данной задачи не требуется уравнение химической реакции.

$$n = \frac{m}{M},$$

$$n(\text{CaC}_2) = \frac{32 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль},$$

$$N = n \cdot N_A,$$

$$N(\text{CaC}_2) = 0,5 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3,01 \cdot 10^{23},$$

$$N(\text{C}) = 3,01 \cdot 10^{23} \cdot 2 = 6,02 \cdot 10^{23},$$

$$n = \frac{N}{N_A},$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{3,01 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,5 \text{ моль},$$

$$m = n \cdot M,$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 30 \text{ г}.$$

*Ответ:*  $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 30 \text{ г}.$

**Задача 2.** Первая стадия получения серной кислоты в промышленности, дающая наибольшее количество вредных выбросов в атмосферу, – обжиг пирита, минерала, отвечающего формуле  $\text{FeS}_2$ . Определите массовые доли (в процентах) железа и серы в пирите. Рассчитайте массу серы, которая содержится в 1 т пирита.

### Решение

В решении задачи используются уравнения, связывающие между собой массовую долю и молярную массу каждого из элементов, входящих в состав соединения, и молярную массу соединения в целом, а именно:

$$\omega(\text{Fe}) = M(\text{Fe})/M(\text{FeS}_2) = (56/120) = 0,467 = 46,7 \%,$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 24 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть



$$\omega(\text{S}) = 2M(\text{S})/M(\text{FeS}_2) = (2 \cdot 32)/120 = 0,533 = 53,3 \% \text{ или иначе:}$$

$$\omega(\text{S}) = 100 - \omega(\text{Fe}) = 100 - 46,7 = 53,3 \%$$

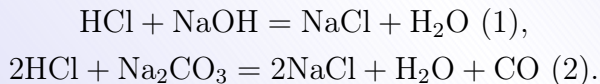
Для расчета массы серы в 1 т пирита тоже можно использовать два способа:  
 $m(\text{S}) = \omega(\text{S}) \cdot m(\text{FeS}_2) = 0,533 \cdot 1 \text{ т} = 0,533 \text{ т} = 533 \text{ кг}; m(\text{S}) = (2M(\text{S})/M(\text{FeS}_2)) \cdot m(\text{FeS}_2) = ((2 \cdot 32)/120) \cdot 1 = 0,533 \text{ (т)} = 533 \text{ (кг)}.$

*Ответ:*  $\omega(\text{Fe}) = 46,7 \%$ ;  $\omega(\text{S}) = 53,3 \%$ ,  $m(\text{S}) = 533 \text{ кг}.$

**Задача 3.** Прежде чем вылить в канализацию жидкие отходы лабораторных работ, содержащие соляную кислоту, полагается их нейтрализовать щелочью (например, гидроксидом натрия) или содой (карбонатом натрия). Определите массы NaOH и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, необходимые для нейтрализации отходов, содержащих 0,45 моль HCl. Какой объем газа (при н. у.) выделится при нейтрализации указанного количества отходов содой?

### Решение

Запишем уравнения химических реакций:



Для нейтрализации заданного количества HCl в соответствии с уравнениями реакций (1) и (2) требуется:

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = 0,45 \text{ моль};$$

$$m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 0,45 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 18 \text{ г}.$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{HCl})/2 = 0,45 \text{ моль}/2 = 0,225 \text{ моль};$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,225 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 23,85 \text{ г}.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 25 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

Для расчета объема углекислого газа, выделившегося при нейтрализации по реакции (2), дополнительно используется уравнение, связывающее между собой количество газообразного вещества, его объем и молярный объем:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{HCl})/2 = 0,45 \text{ моль}/2 = 0,225 \text{ моль};$$

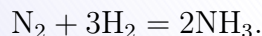
$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_M = 0,225 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,04 \text{ л}.$$

*Ответ:*  $m(\text{NaOH}) = 18 \text{ г}; m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 23,85 \text{ г}; V(\text{CO}_2) = 5,04 \text{ л}.$

**Задача 4.** Важнейшая проблема в промышленном производстве удобрений – получение так называемого «связанного азота». В настоящее время ее решают путем синтеза аммиака из азота и водорода. Какой объем аммиака (при н. у.) можно получить в этом процессе, если объем исходного водорода равен 300 л, а практический выход ( $\eta$ ) – 43 %?

### Решение

Запишем уравнение реакции:



Все вещества в системе находятся в газовом состоянии, поэтому при решении можно не переходить к химическим количествам и расчеты вести по объему.

Объем аммиака  $V(\text{NH}_3)$ , который можно получить в соответствии с условием задачи, составляет:

$$V(\text{NH}_3)_{\text{практ}} = V(\text{NH}_3)_{\text{теор}} \cdot \eta(\text{NH}_3);$$

$$V(\text{NH}_3)_{\text{практ}} = 2/3 \cdot V(\text{H}_2) \cdot \eta(\text{NH}_3) = 2/3 \cdot 300 \cdot 0,43 = 86 \text{ л}.$$

*Ответ:* 86 л (при н. у.) аммиака.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 26 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

**Задача 5.** Молярная масса соединения элемента азота с водородом равна 32 г/моль, а массовая доля атомов элемента азота в нем составляет 87,5 %. Определите молекулярную формулу вещества.

**Решение**

$$\omega(\text{Э}) = \frac{n(\text{Э}) \cdot A_r(\text{Э})}{M_r(\text{в-ва})}$$

$$n(\text{Э}) = \frac{M_r(\text{в-ва}) \cdot \omega(\text{Э})}{A_r(\text{Э})}$$

$$n(\text{N}) = \frac{32 \cdot 0,875}{14} = 2 \text{ (моль)},$$

$$n(\text{H}) = \frac{32 \cdot (1 - 0,875)}{1} = 4 \text{ (моль)}.$$

Составим соотношение:

$$n(\text{H}) : n(\text{N}) = 4 : 2.$$

Молекулярная формула –  $\text{N}_2\text{H}_4$ .

*Ответ:*  $\text{N}_2\text{H}_4$ .



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 27 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

### Тема 3. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ГАЗОВЫЕ СМЕСИ. СМЕСИ ВЕЩЕСТВ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ И В РАСТВОРАХ

Газовое агрегатное состояние характеризуется свободным движением молекул, так как их кинетическая энергия значительно превосходит потенциальную энергию их взаимодействия друг с другом. Газы вследствие этого стремятся занять весь предоставленный им объем. В химии широко применяется *закон Авогадро* (был высказан как гипотеза в 1811 г. итальянским физикохимиком А. Авогадро и интерпретирован с точки зрения атомно-молекулярного учения в 1858 г. итальянским химиком С. Канниццаро): в равных объемах различных газов при одинаковых условиях содержится одинаковое число молекул.

*Первое следствие из закона Авогадро:* при одинаковых условиях равные количества различных газов занимают равные объемы.

В частности, при нормальных условиях (н. у.) – температуре  $T = 273,15 \text{ }^\circ\text{K}$  ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и давлении  $P = 101,3 \text{ кПа}$  (1 атм, 760 мм рт. ст.) – 1 моль любого газа (близкого по свойствам к идеальному газу) занимает объем 22,4 л. Это физическая постоянная – молярный объем газа при нормальных условиях. Молярный объем газа ( $V_m$ ) равен отношению объема порции газа ( $V$ ) к количеству вещества в этой порции  $V_m = V/n$ . При нормальных условиях  $V_m = 22,4 \text{ л/моль}$ .

Из определения для  $V_m$  следует, что  $V = V_m \cdot n = V_m \cdot m/M$ .

Это выражение позволяет рассчитывать по массе газа его объем.

*Второе следствие из закона Авогадро:* молярная масса первого газа равна произведению молярной массы второго газа на относительную плотность первого газа по второму.

В частности, молярная масса вещества в газообразном состоянии равна его удвоенной плотности по водороду:  $M_B = 2 \cdot D_{(\text{H}_2)}$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 28 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Аналогичным образом с учетом средней молярной массы воздуха ( $M$  (воздуха) = 29 г/моль)  $M_{\text{в}} = 29 \cdot D_{\text{возд.}}$ .

Относительная плотность по водороду, по воздуху и по любому другому газу определяется экспериментально, что позволяет рассчитать молекулярную массу газа.

Количество вещества газа и плотность газа (наиболее употребительная единица измерения  $\rho$  – г/л) рассчитывается по формулам:

$$n(X) = V(X)/V_m \rho(X) = M(X)/V_m.$$

Если измерения объема проводились при условиях, отличающихся от нормальных, можно воспользоваться *уравнением Менделеева – Клапейрона*:  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ , где  $P$  – давление (кПа),  $T$  – температура (К),  $R$  – универсальная газовая постоянная = 8,31 (Дж/моль·К),  $V$  – объем (дм<sup>3</sup>).

Плотность газа зависит от условий ( $P$ ,  $T$ ), при которых она определялась.

Газы смешиваются в любых отношениях друг с другом, образуя газовые растворы (газовые смеси). Количественно состав такого раствора можно охарактеризовать с помощью массовой доли ( $\omega$ ), а также объемной доли ( $\varphi$ ) или молярной доли  $x$ :

$$\varphi(X) = V(X)/V; x(X) = n(X)/n \text{ (смеси)}.$$

Для газов  $\varphi(X) = x(X)$ , что следует из закона Авогадро. В большинстве задач, если специально не оговорено, условно считается, что воздух состоит только из азота ( $\varphi = 0,78$ ) и кислорода ( $\varphi = 0,21$ ). Газовые смеси часто характеризуют с помощью средней молярной массы  $M$  (смеси):

$$M \text{ (смеси)} = M_1 \cdot \varphi_1 + M_2 \cdot \varphi_2 + \dots + M_n \cdot \varphi_n,$$

где  $M_1, M_2, \dots, M_n$  – молярные массы газов, находящихся в растворе,  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$  – объемные доли газов.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 29 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Одним из основных газовых законов является *закон объемных соотношений Гей-Люссака*: объемы вступающих в реакцию газов относятся друг к другу и к объемам образующихся газообразных продуктов реакции как небольшие целые числа.

Зная объемные отношения между реагирующими газами, можно устанавливать состав молекул получающихся веществ. Наоборот, зная состав молекул исходных веществ и продуктов реакции, легко рассчитать отношение объемов участвующих в реакции газов, если температура и давление их остаются неизменными, или вычислить происходящие в результате реакции изменение давления, если реакция протекает в замкнутом пространстве при постоянной температуре.

Соотношения между такими физическими характеристиками, как давление, объем, температура, выражают газовые законы:

- *закон Бойля-Мариотта*: при постоянной температуре давление, производимое данной массой газа, обратно пропорционально объему газа:  $P_2/P_1 = V_1/V_2$  или  $PV = \text{const}$ ,  $T = \text{const}$  (изотермический процесс);
- *закон Шарля*: давление данной массы газа при постоянном объеме прямо пропорционально абсолютной температуре:  $P_1/P_2 = T_1/T_2$ ;
- *объединенный газовый закон Гей-Люссака, Шарля, Бойля-Мариотта*:  $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$ ;
- *уравнение Менделеева – Клапейрона*:  $pV = (m/M)RT$ , где  $m$  – масса газа, г;  $M$  – молярная масса, г/моль;  $p$  – давление, Па;  $V$  – объем, м<sup>3</sup>;  $T$  – абсолютная температура, К;  $R$  – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/(моль·К) или 0,082 л·атм/(моль·К)).

Уравнение Менделеева – Клапейрона позволяет находить любую из указанных величин, если известны остальные. При расчете необходимо иметь в виду, что как объем, так и давление в обеих частях уравнения должны быть выражены в одних и тех же единицах. Объединенный газовый закон, как и частные законы, справедлив только для постоянной массы данного газа.

Рассмотрим основные алгоритмы решения типовых задач на газы и их смеси.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 30 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

## 1. Примеры решения задач на определение объемных долей газов в смеси.

**Задача 1.** В смеси оксида азота (I) и оксида азота (II) число молекул в 2,8 раза меньше числа атомов. Вычислите объемные доли газов в смеси.

### Решение

Пусть  $n(\text{N}_2\text{O}) = x$  моль,  $n(\text{NO}) = y$  моль, тогда  $n(\text{атомов}) = 3x + 2y$ . Поскольку количества веществ атомов и молекул пропорционально числу атомов и молекул, будет справедливо соотношение:  $3x + 2y/x + y = 2,8$ .

Преобразуя полученное выражение, получаем  $x = 4y$ .

Вычислим объемную долю оксида азота (I):

$$\varphi(\text{N}_2\text{O}) = n(\text{N}_2\text{O}) / (n(\text{N}_2\text{O}) + n(\text{NO})),$$

$$\varphi(\text{N}_2\text{O}) = 4y / (4y + y) = 4y / 5y = 0,8.$$

Таким образом,  $\varphi(\text{N}_2\text{O}) = 80\%$ ;  $\varphi(\text{NO}) = 100 - 80 = 20\%$ .

*Ответ:*  $\varphi(\text{N}_2\text{O}) = 80\%$ ;  $\varphi(\text{NO}) = 20\%$ .

**Задача 2.** 33,6 л смеси угарного газа и углекислого газа имеют массу 48 г. Рассчитайте объемные и массовые доли компонентов в смеси.

### Решение

Пусть  $n(\text{CO}) = x$  моль,  $n(\text{CO}_2) = y$  моль,

тогда  $m(\text{CO}) = n(\text{CO}) \cdot M(\text{CO}) = 28x$ ,

$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 44y$ .

Объем, занимаемый газами, можно рассчитать по формуле:

$$V = V_m \cdot m / M.$$

Таким образом, объемы газов в смеси равны:

$$V(\text{CO}) = 22,4x, \quad V(\text{CO}_2) = 22,4y.$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 31 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

В условии задачи даны суммарные масса и объем смеси, следовательно, можно составить систему уравнений:

$$28x + 44y = 48,$$

$$22,4x + 22,4y = 33,6.$$

Получилась система уравнений с двумя неизвестными. Решая ее, найдем:  $x = 1,125$ ;  $y = 0,375$ . Далее находим массы компонентов в смеси:

$$m(\text{CO}) = 28x = 28 \cdot 1,125 = 31,5 \text{ (г)},$$

$$m(\text{CO}_2) = 44y = 44 \cdot 0,375 = 16,5 \text{ (г)},$$

$$\omega(\text{CO}) = 31,5/48 = 0,656, \text{ или } 65,6 \%,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = 16,5/48 = 0,344, \text{ или } 34,4 \%.$$

Теперь рассчитаем объемные доли газов в смеси:

$$n(\text{смеси}) = 1,125 + 0,375 = 1,5 \text{ (моль)},$$

$$\varphi(\text{CO}) = 1,125/1,5 = 0,656, \text{ или } 65,6 \%,$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = 0,375/1,5 = 0,344, \text{ или } 34,4 \%.$$

*Ответ:*  $\varphi(\text{CO}) = 65,6 \%$ ,  $\varphi(\text{CO}_2) = 34,4 \%$ .

## 2. Примеры решения задач с использованием газовых законов.

**Задача 1.** При взаимодействии оксида азота (II) с кислородом из двух объемов оксида азота (II) и одного объема кислорода получаются два объема нового газа. Установите формулу образующегося газа.

### Решение

Так как в равных объемах газов при прочих равных условиях содержится одинаковое число молекул, то из данных задачи непосредственно вытекает, что каждые две молекулы оксида азота (II), взаимодействуя с одной молекулой кислорода, образуют две молекулы нового газа.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 32 из 251

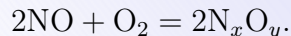
Назад

На весь экран

Закреть



Обозначив состав молекул образующегося газа формулой  $N_xO_y$ , можно выразить происходящую реакцию уравнением:



Подсчет числа атомов азота и кислорода в левой части уравнения показывает, что в состав двух молекул нового газа должны входить два атома азота и четыре атома кислорода, т. е. что молекула его состоит из одного атома азота и двух атомов кислорода. Значит, формула газа:  $NO_2$ .

*Ответ:*  $NO_2$ .

**Задача 2.** При  $27^\circ\text{C}$  объем газа равен 600 мл. Какой объем займет газ при  $57^\circ\text{C}$ , если давление будет оставаться постоянным?

### Решение

Обозначим искомый объем через  $V_2$ , а соответствующую ему температуру через  $T_2$ . По условию задачи:  $V_1 = 600$  мл,  $T_1 = 273 + 27 = 300$  °К,  $T_2 = 273 + 57 = 330$  °К. Подставляя эти значения в выражение закона Гей-Люссака, получим:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2; 600/300 = V_2/330, \text{ откуда} \\ V_2 = 600 \cdot 330/300 = 660 \text{ (мл).}$$

*Ответ:*  $V_2 = 660$  мл.

**Задача 3.** При некоторой температуре давление газа, занимающего объем 3 л, равно 93,3 кПа (700 мм рт. ст.). Каким станет давление, если, не изменяя температуру, уменьшить объем газа до 2,8 л?



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 33 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Решение

Обозначив искомое давление через  $P_2$ , можно записать:

$P_2/93,3 = 3/2,8$ . Отсюда  $P_2 = 100$  кПа (750 мм рт. ст.).

*Ответ:*  $P_2 = 100$  кПа.

**Задача 4.** Масса 344 мл газа при 42 °С и 772 мм рт. ст. равна 0,866 г. О каком газе идет речь?

## Решение

По уравнению Менделеева – Клапейрона находим химическое количество газа:

$$pV = nRT/M,$$

$$n = m/M \rightarrow n = PV/RT.$$

$$T = 42 + 273 = 315 \text{ }^\circ\text{K},$$

$$R = 62360 \text{ мм рт. ст.}\cdot\text{мл/град}\cdot\text{моль}$$

$$m = 64 \text{ г}, M = 64 \text{ г/моль}.$$

Это может быть сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ).

*Ответ:*  $\text{SO}_2$ .

## 3. Примеры решения задач с участием газов в химических реакциях

**Задача 1.** Смесь  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$  объемом 50  $\text{см}^3$  (н. у.) взорвана с 60  $\text{см}^3$  (н. у.) кислорода, причем  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$  полностью сгорели, а объем конечной смеси составил 70  $\text{см}^3$  (н. у.). Определите объемную долю  $\text{CO}$  в исходной смеси.

## Решение

Запишем химизм процессов, описанных в условии задачи:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание

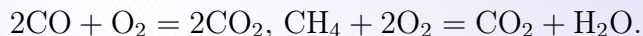


Страница 34 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть



Пусть  $n(\text{CO}) = x$  моль,  $n(\text{CH}_4) = y$  моль. Тогда  $n_1(\text{O}_2) = 0,5x$  моль,

$n_2(\text{O}_2) = 2y$  моль.

$$n(\text{смеси})_{\text{исх.}} = \frac{V}{V_m} = \frac{0,05 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,0022 \text{ моль}.$$

$$V(\text{O}_2) = V_2(\text{смеси}) - V(\text{смеси}) = 70 \text{ см}^3 - 50 \text{ см}^3 = 20 \text{ см}^3.$$

$$V(\text{O}_2)_{\text{прореаг.}} = 60 \text{ см}^3 - 20 \text{ см}^3 = 40 \text{ см}^3.$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{0,04 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,00178 \text{ моль}.$$

Составим систему уравнений:

$$x + y = 0,0022,$$

$$0,5x + 2y = 0,00178;$$

$$x = 0,0022 - y,$$

$$0,5(0,0022 - y) + 2y = 0,00178;$$

$$x = 0,0022 - y,$$

$$0,0011 - 0,5y + 2y = 0,00178;$$

$$x = 0,0022 - y,$$

$$1,5y = 0,00068;$$

$$x = 0,0022 - y,$$

$$y = 0,00045 \text{ (моль)};$$

$$x = 0,0022 - y,$$

$$x = 0,0022 - 0,00045 = 0,00175 \text{ (моль)},$$

$$y = 0,00045 \text{ (моль)}.$$

Таким образом,  $n(\text{CH}_4) = 0,00045$  моль,  $n(\text{CO}) = 0,00175$  моль;

$$V(\text{CO}) = n \cdot V_m = 0,00175 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 0,04 \text{ дм}^3;$$

$$\varphi = \frac{V(\text{вещества})}{V(\text{раствора})} \cdot 100 \%;$$

$$\varphi(\text{CO}) = \frac{0,04 \text{ дм}^3}{0,05 \text{ дм}^3} \cdot 100 \% = 80 \%.$$

Ответ:  $\varphi(\text{CO}) = 80 \%$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 35 из 251

Назад

На весь экран

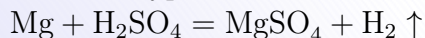
Закреть

#### 4. Примеры решения задач на смеси веществ в растворах и в кристаллическом состоянии

**Задача 1.** Сплав Al и Mg массой 75 г растворили в серной кислоте и получили 411 г смеси сульфатов. Какую массу Mg надо сплавить с 540 г Al, чтобы получить такой же по составу сплав?

##### Решение

Запишем уравнения химических реакций:



Пусть  $n(\text{Mg}) = x$  моль,  $n(\text{Al}) = y$  моль;

$$n(\text{MgSO}_4) = n(\text{Mg}) = x \text{ моль,}$$

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,5 \cdot n(\text{Al}) = y \text{ моль.}$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 24x + 27y = 75; \\ 120x + 0,5y \cdot 342 = 411; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 24x + 27y = 75; \\ 120x + 171y = 411; \end{cases}$$

$$x = \frac{75-27y}{24};$$

$$x = 3,125 - 1,125y;$$

$$120 \cdot (3,125 - 1,125y) + 171y = 411;$$

$$375 - 135y + 171y = 411;$$

$$36y = 36; y = 1.$$

$$n(\text{Al}) = 1 \text{ моль.}$$

$$x = 3,125 - 1,125 \cdot 1 = 2.$$

$$n(\text{Mg}) = 2 \text{ моль.}$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 36 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

$$m(\text{Al})_{\text{исх.}} = 1 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 27 \text{ г.}$$

$$m(\text{Mg})_{\text{исх.}} = 2 \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль} = 48 \text{ г.}$$

Составим пропорцию, найдем массу Mg, которую нужно сплавить с 540 г Al:

с 27 г (Al) нужно сплавить 48 г Mg,

$$540 \text{ г} - z,$$

$$z = \frac{540 \text{ г} \cdot 48 \text{ г}}{27 \text{ г}} = 960 \text{ г (Mg)}.$$

*Ответ:*  $m(\text{Mg}) = 960 \text{ г.}$

**Задача 2.** На нейтрализацию 3,4 г смеси соляной и серной кислот нужно 3,3 г NaOH. Найдите массы кислот в смеси.

### Решение



$$m(\text{HCl}) = x \text{ (г)}, \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 3,4 - x \text{ (г)},$$

$$m(\text{NaOH}) = y_1 \text{ (г)} - \text{ по первому уравнению,}$$

$$m(\text{NaOH}) = y_2 \text{ (г)} - \text{ по второму уравнению.}$$

Составим пропорции и найдем  $x$ .

$$y_1 = 1,096x,$$

$$y_2 = 2,77 - 0,816x,$$

$$y_1 + y_2 = 3,3,$$

$$1,096x + 2,77 - 0,816x = 3,3,$$

$$0,28x = 0,53.$$

$$x = 1,9 - \text{масса HCl}, \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{смеси}) - m(\text{HCl}) = 3,4 - 1,9 = 1,5 \text{ (г)}.$$

*Ответ:* 1,5 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1,9 г HCl.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 37 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

## Тема 4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ХИМИЧЕСКУЮ ТЕРМОДИНАМИКУ И КИНЕТИКУ

*Химическая термодинамика* – это раздел химии, который изучает тепловые эффекты химических реакций, а также термодинамические условия протекания реакции в данном направлении.

Для успешного решения задач по данной теме необходимо знать закон сохранения энергии для термодинамики. Его же называют *первым началом или первым законом термодинамики*. Суть его состоит в том, что когда термодинамическая система получает извне какое-то количество теплоты, то часть энергии добавляется к внутренней энергии системы, а другая возвращается в процессе совершения системой работы наружу, т. е.

$$Q = \Delta U + A.$$

Так, если теплота сообщается газу в цилиндре, закрытом поршнем, то газ, во-первых, нагревается, т. е. его внутренняя энергия возрастает, а во-вторых, расширяется, т. е. производит работу подъема поршня  $A$ .

Для химических реакций под работой против внешних сил в основном подразумевается работа против внешнего давления. В первом приближении она равна произведению давления  $P$  на изменение объема  $\Delta V$  системы:

$$A = P (V_2 - V_1) = P\Delta V.$$

При изохорном процессе, поскольку изменения объема системы не происходит,  $A = 0$ . Тогда переходу системы из состояния 1 в состояние 2 отвечает равенство:

$$Q_V = U_2 - U_1 = \Delta U.$$

Следовательно, если химическая реакция протекает при постоянном объеме, то выделение или поглощение теплоты  $Q_V$  связано с изменением внутренней энергии системы.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



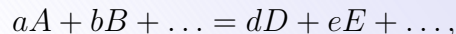
Страница 38 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Для химического процесса, протекающего изобарически,  $\Delta V$  представляет собой разность между суммой объемов продуктов реакции и суммой объемов исходных веществ. Так, для реакции, которую можно записать в общем виде:



изменение объема определяется равенством:

$$\Delta V = \sum V_{\text{прод}} - \sum V_{\text{исх}} = (dV_D + eV_E + \dots) - (aV_A + bV_B + \dots),$$

где  $V_A, V_B, \dots, V_D, V_E$  – мольные объемы вещества  $A, B, \dots, D, E$ ;  $\sum V_{\text{прод}}$  – сумма мольных объемов продуктов реакции;  $\sum V_{\text{исх}}$  – сумма мольных объемов исходных веществ.

Для изобарического процесса, следовательно, тепловой эффект  $Q_p$  равен:

$$Q_p = \Delta U + P\Delta V,$$
$$Q_p = (U_2 - U_1) - P(V_2 - V_1)$$

или  $Q_p = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1)$ .

Введем обозначение  $U + PV = H$ , тогда  $Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H$ .

Величину  $H$  называют *энтальпией (теплосодержанием)*. Энтальпию можно рассматривать как энергию расширенной системы.

Для изохорного процесса  $V = \text{const}$ , поэтому  $A = 0$ , и, следовательно,

$$Q_V = U_2 - U_1 = \Delta U.$$

Таким образом, при изохорическом процессе тепловой эффект реакции равен изменению внутренней энергии, а в случае изобарного процесса тепловой эффект равен изменению энтальпии системы.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 39 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Второй закон термодинамики связан с понятием *энтропии* ( $S$ ), являющейся мерой хаоса (или мерой порядка). Второй закон термодинамики гласит, что для вселенной в целом энтропия возрастает. *Не существует процесса, единственным результатом которого является передача количества теплоты от менее нагретого тела к более нагретому (Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счет охлаждения теплового резервуара).*

Энтропия порождается всеми процессами, она связана с потерей системы способности совершать работу. Рост энтропии – стихийный процесс. Второе начало термодинамики утверждает, что в изолированной системе самопроизвольно могут протекать только такие процессы, которые ведут к увеличению энтропии (неупорядоченная система).

Гиббс ввел в термодинамику новую функцию состояния – *энергию Гиббса* –  $G$ :

$$G = H - TS \text{ или } \Delta G = \Delta H - T\Delta S.$$

В любой закрытой системе при постоянных  $P$  и  $T$  возможен такой самопроизвольный процесс, который ведет к уменьшению энергии Гиббса  $\Delta G < 0$ .

Если  $T \rightarrow 0$ , то  $\Delta G \rightarrow \Delta H$ .

Таким образом, при низких  $t^\circ$  величина и знак  $\Delta G$  определяются величиной и знаком  $\Delta H$ . При низких  $t^\circ$  самопроизвольно протекают экзотермические реакции, при высоких определяются величиной  $\Delta S$ , т. е. самопроизвольно идут реакции с увеличением энтропии.

Термодинамические расчеты основаны на законе Г. И. Гесса: *тепловой эффект химической реакции при постоянном давлении или объеме не зависит от пути реакции и определяется только природой и состоянием начальных и конечных веществ.* Это значит, что тепловой эффект реакции равен алгебраической сумме тепловых эффектов всех его промежуточных стадий:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 40 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть



Закон Г. И. Гесса можно было бы рассматривать как частный случай закона сохранения энергии, хотя сформулирован он был до открытия закона сохранения энергии.

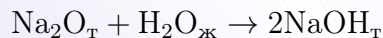
Следствия из закона Гесса:

1. Если в результате последовательных химических реакций система приходит в состояние, полностью совпадающее с исходным (круговой процесс), то сумма тепловых эффектов этих реакций будет равна нулю.
2. Тепловой эффект реакций ( $\Delta H_{\text{х.р.}}$ ) равен сумме теплот образования (или  $\Delta H_{\text{обр.}}$ ) конечных веществ ( $\Delta H_{\text{конеч. в-в}}$ ) за вычетом суммы теплот образования исходных веществ ( $\Delta H_{\text{исх. в-в}}$ ):

$$\Delta H_{\text{х.р.}} = \sum \Delta H_{\text{прод. р-ции}} - \sum \Delta H_{\text{исх. в-в}}$$

## Примеры решения задач

**Задача 1.** Рассчитайте  $\Delta H_{298}^0$  химической реакции



по значениям стандартных теплот образования веществ.

### Решение

По табличным данным стандартные энтальпии образования  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{т}}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}$  и  $\text{NaOH}_{\text{т}}$  при 298 °К равны соответственно:  $-416$ ,  $-286$  и  $-427,8$  кДж/моль. Из следствия из закона Гесса рассчитываем  $\Delta H_{298}^0$  химической реакции:

$$\begin{aligned} \Delta H_{298}^0 &= 2\Delta H_{\text{обр.}}^0(\text{NaOH}_{\text{т}}) - (\Delta H_{\text{обр.}}^0(\text{Na}_2\text{O}_{\text{т}}) + \Delta H_{\text{обр.}}^0(\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}})) = \\ &= 2 \cdot (-427,8) - (-416 + (-286)) = -153,6 \text{ кДж.} \end{aligned}$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 41 из 251

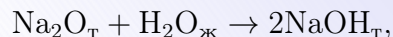
Назад

На весь экран

Закреть

Ответ:  $\Delta H_{298}^0 = -153,6$  кДж.

**Задача 2.** Рассчитайте величину  $\Delta S_{298}^0$  для процесса



используя значения стандартных энтропий веществ (справочные данные).

### Решение

Используя справочные данные:  $S^0(\text{NaOH}_\text{т}) = 64,16$  Дж/(моль · К),  $S^0(\text{Na}_2\text{O}_\text{т}) = 75,5$  Дж/(моль · К),  $S^0(\text{H}_2\text{O}_\text{ж}) = 70$  Дж/(моль · К), рассчитываем  $\Delta S_{298}^0$ :

$$\begin{aligned}\Delta S_{298}^0 &= 2 \cdot S^0(\text{NaOH}_\text{т}) - (S^0(\text{Na}_2\text{O}_\text{т}) + S^0(\text{H}_2\text{O}_\text{ж})) = \\ &= 2 \cdot 64,16 - (75,5 + 70) = -17,18 \text{ Дж/К}.\end{aligned}$$

Ответ:  $\Delta S_{298}^0 = -17,18$  Дж/К.

**Задача 3.** Рассчитайте изменение энергии Гиббса ( $\Delta G_{298}^0$ ) для процесса  $\text{Na}_2\text{O}_\text{т} + \text{H}_2\text{O}_\text{ж} \rightarrow 2\text{NaOH}_\text{т}$  по значениям стандартных энергий Гиббса образования веществ (справочные данные). Возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях?

### Решение

При стандартных условиях и  $T = 298$  °К  $\Delta G_{298}^0$  можно рассчитать как разность суммарной энергии Гиббса образования продуктов реакции и суммарной энергии Гиббса образования исходных веществ. Необходимые справочные данные:  $\Delta G_{\text{обр}}^0(\text{NaOH}_\text{т}) = -381,1$  кДж/моль,  $\Delta G_{\text{обр}}^0(\text{Na}_2\text{O}_\text{т}) = -378$  кДж/моль,  $\Delta G_{\text{обр}}^0(\text{H}_2\text{O}_\text{ж}) = -237$  кДж/моль.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 42 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

$$\Delta G_{298}^0 = 2 \cdot \Delta G_{\text{обп}}^0 (\text{NaOH}_{\text{T}}) - (\Delta G_{\text{обп}}^0 (\text{Na}_2\text{O}_{\text{T}}) + \Delta G_{\text{обп}}^0 (\text{H}_2\text{O}_{\text{T}})) =$$

$$= 2 \cdot (-381,1) - (-378 + (-237)) = -147,2 \text{ кДж.}$$

Значение  $\Delta G_{298}^0$  отрицательно, поэтому самопроизвольное протекание реакции ВОЗМОЖНО.

*Ответ:*  $\Delta G_{298}^0 = -147,2 \text{ кДж}$ ; протекание реакции возможно.

**Задача 4.** Газ, расширяясь от 10 до 16 л при постоянном давлении  $101,3 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2$ , поглощает 126 Дж теплоты. Определите изменение внутренней энергии газа.

### Решение

$$p_1 = p_2 = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Па}, V_1 = 10 \text{ л} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3,$$

$$V_2 = 16 \text{ л} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, Q_p = 126 \text{ Дж.}$$

Согласно первому закону термодинамики  $\Delta U = Q_p - A$ .

Работа, совершенная газом при изобарическом расширении, может быть вычислена по уравнению

$$A = p(V_2 - V_1);$$

отсюда

$$\Delta U = Q_p - p(V_2 - V_1);$$

$$\Delta U = 126 - 101,3 \cdot 10^3 \cdot (1 \cdot 10^{-2} - 16 \cdot 10^{-3}) = 481,8 \text{ Дж.}$$

*Ответ:*  $\Delta U = 481,8 \text{ Дж}$ .

**Задача 5.** Рассчитайте тепловой эффект реакции горения сероводорода  $\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + 1,5\text{O}_{2(\text{г})} = \text{SO}_{2(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$  по следующим данным:



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание

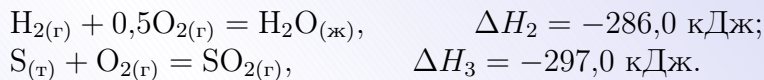


Страница 43 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



### Решение

В условии представлены термохимические уравнения образования соответственно 1 моль  $\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$  и  $\text{SO}_{2(\text{г})}$  из простых веществ в стандартных условиях, а тепловые эффекты – стандартные энтальпии образования указанных соединений  $\Delta H_{298}$  (справочные данные). Энтальпия образования ( $\Delta H_{298}$ ) простых веществ принимается равной нулю: ( $\Delta H_{298}^0(\text{O}_2) = 0$ ).

На основании одного из следствий закона Гесса:

$$\Delta H = \sum \Delta H_{(\text{прод.})} - \sum \Delta H_{(\text{исх.})},$$

где  $\sum \Delta H_{(\text{прод.})}$  и  $\sum \Delta H_{(\text{исх.})}$  – суммы стандартных энтальпий образования продуктов реакции и исходных веществ, получаем:

$$\Delta H = (-286,0 - 297,0) - (-20,17) = -562,8 \text{ кДж}.$$

Отрицательное значение энтальпии реакции горения сероводорода означает, что данная реакция экзотермическая.

$$\sum \Delta H_{(\text{исх.})} > \sum \Delta H_{(\text{прод.})} \text{ (в данном случае больше на } 562,8 \text{ кДж)}.$$

*Ответ:*  $\Delta H_1 = -562,8 \text{ кДж}$ .

**Химическая кинетика** – это раздел химии, который изучает скорость химических реакций и их закономерности.

Основы химической кинетики определяются понятием скорости гомогенной и гетерогенной реакции.

*Скорость гомогенной реакции* – это изменение количества вещества, вступающего в реакцию или образующегося при реакции за единицу времени в единице объема



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 44 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

системы. Скорость гомогенной реакции можно определить как изменение молярной концентрации одного из веществ в единицу времени:

$$V_{\text{гом. реак.}} = \Delta c / t \text{ (моль/дм}^3 \cdot \text{с)}.$$

*Скорость гетерогенной реакции* – это изменение количества вещества, вступающего в реакцию или образующегося при реакции за единицу времени на единице поверхности раздела фаз:

$$V_{\text{гетер. реак.}} = \Delta n / S \cdot t \text{ (моль/дм}^2 \cdot \text{с)}.$$

Расчетные задачи в разделе «Химическая кинетика» предполагают знание закона действующих масс, правила Вант-Гоффа и закономерностей, характерных для состояния равновесия.

Закон действующих масс (Гульдберг и Вааге): *скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях их стехиометрических коэффициентов*. Это определение относится к гомогенным реакциям. Если реакция гетерогенная (реагенты находятся в разных агрегатных состояниях), то в уравнение закона действующих масс входят только жидкие и газообразные реагенты, а твердые исключаются, оказывая влияние только на константу скорости  $k$ . Константа скорости  $k$  численно равна скорости, если концентрации реагентов постоянны и равны единице.

Для реакции  $aA + bB = cC + dD$  согласно закону действующих масс скорость химической реакции будет определяться уравнением:

$$V_{AB} = k[A]^a[B]^b.$$

Закон действующих масс выполняется только для элементарных химических реакций, протекающих в одну стадию. В других случаях фактическая и вычисленная по закону действующих масс скорости совпадают редко.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 45 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

*Обратимые реакции* – это реакции, которые идут одновременно в двух взаимно противоположных направлениях.

Большинство химических реакций являются обратимыми. В начальный момент реакции скорость прямой реакции максимальна, а скорость обратной реакции равна нулю. Со временем скорость прямой реакции уменьшается, а скорость обратной реакции возрастает. Наступает момент, когда скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции. Такое состояние в системе, при котором скорости прямой и обратной реакции равны, называется *состоянием химического динамического равновесия*.

*Скорости прямой и обратной реакций* связаны с концентрациями реагентов следующими уравнениями в соответствии с законом действия масс:

$$aA + bB = cC + dD,$$
$$V_{\text{х.р., пр}} = k_{\text{пр}}[A]^a \times [B]^b \text{ и } V_{\text{х.р. обр}} = k_{\text{обр}}[C]^c \times [D]^d,$$
$$k_{\text{пр}}/k_{\text{обр}} = [C]^c \times [D]^d/[A]^a \times [B]^b = K_p, \quad (1)$$

где  $K_p$  – константа химического равновесия, которая зависит от температуры и природы реагирующих веществ, но не зависит от концентрации последних. Это математическое выражение закона действующих масс, который позволяет рассчитывать состав равновесной реакционной смеси.

Зависимость скорости реакции от температуры выражается правилом Вант-Гоффа: *при повышении температуры на каждые 10 градусов скорость химической реакции, как правило, увеличивается в 2–4 раза:*

$$v_{r_2} = v_{r_1} \cdot \gamma^{\frac{r_2 - r_1}{10}}.$$

Правило Вант-Гоффа применимо для ограниченного числа химических реакций. Влияние температуры на скорость процессов чаще определяют по уравнению Аррениуса:

$$k = k_0 \times e^{\frac{E_a}{RT}},$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 46 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

где  $k$  – константа скорости реакции;  $k_0$  – предэкспоненциальный множитель;  $e$  – основание натурального логарифма;  $E_a$  – постоянная, называемая энергией активации, определяемая природой реагентов;  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/моль·К. Значения  $E_a$  для химических реакций лежат в пределах 4–400 кДж/моль.

### Примеры решения задач

**Задача 1.** На сколько градусов надо повысить температуру, чтобы скорость реакции возросла в 27 раз? Температурный коэффициент реакции равен 3.

#### Решение

Используем выражение:

$$\frac{v(T_2)}{v(T_1)} = 27.$$

$$\text{Получаем: } 27 = 3^{\frac{T_2 - T_1}{10}}, \quad \frac{T_2 - T_1}{10} = 3, \quad \Delta T = 30.$$

*Ответ:* на 30 градусов.

**Задача 2.** Для реакции  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$  начальные концентрации веществ NO и  $\text{O}_2$  соответственно равны 1,5 и 3,0 моль/дм<sup>3</sup>. Во сколько раз скорость реакции при  $c(\text{NO}) = 1,0$  моль/дм<sup>3</sup> меньше начальной скорости, если порядки реакции по обоим веществам равны единице?

#### Решение

Начальная скорость реакции равна:

$$v = k[\text{NO}]_{\text{исх}} [\text{O}_2]_{\text{исх}}.$$

Подставив значения начальных концентраций, получим:

$$v_0 = k \cdot 1,5 \cdot 3 = 4,5k.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 47 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Если в реакцию к моменту времени  $t$  вступило  $0,5$  моль/дм<sup>3</sup> NO, то  $[O_2]_{\text{прор.}} = 0,5[NO]_{\text{прор.}} = 0,25$  моль/дм<sup>3</sup>.

Значит,  $[O_2]$  к моменту времени  $t$  станет равна  $3 - 0,25$  моль/дм<sup>3</sup> =  $2,75$ . Скорость реакции к моменту времени  $t$  равна:  $v = k \cdot 1,0 \cdot 2,75 = 2,75k$ . Находим отношение скоростей:

$$v_0/v = 4,75k/2,75k = 1,64.$$

Ответ:  $v_0/v = 1,64$ .

**Задача 3.** При некоторой температуре константа диссоциации иодоводорода на простые вещества равна  $6,25 \cdot 10^{-2}$ . Какой процент HI диссоциирует при этой температуре?

### Решение

Уравнение реакции диссоциации HI имеет вид:



Обозначим начальную концентрацию HI через  $C$  моль/л. Если к моменту наступления равновесия из каждых  $C$  молей иодоводорода диссоциировано  $x$  молей, то при этом, согласно уравнению реакции, образовалось  $0,5x$  моль  $H_2$  и  $0,5x$  моль  $I_2$ . Таким образом, равновесные концентрации составляют:  $[HI] = (C - x)$  моль/л;  $[H_2] = [I_2] = 0,5x$  моль/л.

Подставим эти значения равновесных концентраций в выражение константы равновесия реакции:

$$K = \frac{[H_2] \cdot [I_2]}{[HI]^2}; 6,25 \cdot 10^{-2} = \frac{0,5x \cdot 0,5x}{(C - x)^2}.$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 48 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Извлекая из обеих частей уравнения квадратный корень, получим

$$0,25 = 0,5x/(C - x), \text{ откуда } x = 0,333.$$

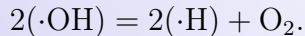
Таким образом, к моменту наступления равновесия диссоциировало 33,3 % исходного количества иодоводорода.

*Ответ:* 33,3 %.

**Задача 4.** Важнейшие источники восполнения запаса кислорода в атмосфере – это углекислый газ и вода. Часть кислорода образуется в стратосфере в результате диссоциации газообразной воды под действием солнечного излучения, когда сначала из воды получают атомный водород и гидроксильные радикалы ( $\cdot\text{OH}$ ), а затем при взаимодействии двух гидроксильных радикалов образуются атомный водород и молекулярный кислород. Во сколько раз увеличится скорость второй реакции, если концентрация гидроксильных радикалов возрастет в 3 раза?

### Решение

Запишем уравнение реакции:



Скорость реакции определяется как произведение константы скорости и концентраций реагентов в квадрате (соответственно стехиометрическому коэффициенту при  $\cdot\text{OH}$ ). Отношение скоростей реакции в первом и втором случае:

$$v_2 : v_1 = k \cdot c_2^2(\text{OH}) / k \cdot c_1^2(\text{OH}) = 32 \cdot c_2^2(\text{OH}) : c_1^2(\text{OH}) = 9 : 1.$$

*Ответ:* при увеличении концентрации реагента в 3 раза скорость реакции возросла в 9 раз.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 49 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Тема 5. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА РАСТВОРЫ. ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Для решения задач на тему «**Растворы**» необходимо в первую очередь знать:

- способы выражения состава раствора;
- формулы перехода от одной концентрации раствора к другой;
- теоретические и практические аспекты приготовления растворов различного состава.

### Способы выражения состава растворов

Количественно состав раствора можно выразить различными способами, каждый из которых имеет преимущественное применение в той или иной области исследования или практической деятельности.

1. **Массовая доля растворенного вещества** ( $\omega$ ) – отношение массы растворенного вещества к массе раствора:

$$\omega = \frac{m_1}{m},$$

где  $m_1$  – масса растворенного вещества,  $m$  – масса раствора.

2. **Процентная концентрация** ( $\omega \%$ ) – массовая доля (отношение массы вещества к массе раствора), выраженная в процентах:

$$\omega = \frac{m_1}{m} 100 \%$$

Массу раствора можно выразить через его объем  $V$  и плотность  $\rho$ :

$$m = \rho \cdot V$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 50 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

3. **Молярная концентрация (молярность) раствора ( $C_M$ )** – отношение количества растворенного вещества к объему раствора:

$$C_M = n/V \text{ (моль/дм}^3\text{)},$$

где  $n$  – количество растворенного вещества, моль;  $V$  – объем раствора, дм<sup>3</sup>. Так как  $n = m/M$ , то  $C_M = m/M \cdot V$ , где  $m$  – масса вещества, г;  $M$  – молярная масса, г/моль.

4. **Нормальная концентрация (молярная концентрация эквивалента, нормальность) раствора ( $C_N$ )** – отношение количества эквивалентов растворенного вещества к объему раствора:

$$C_N = m/M_{\text{э}} \cdot V \text{ (моль/дм}^3\text{)},$$

где  $M_{\text{э}}$  – молярная масса эквивалента растворенного вещества, г/моль.

5. **Моляльная концентрация (моляльность) раствора ( $C_{Mл}$ )** – отношение количества растворенного вещества к массе растворителя:

$$C_{Mл} = n_{\text{в-ва}}/m_{\text{р-ля}} \text{ (моль/кг)}.$$

6. **Титр раствора ( $T$ )** – отношение массы растворенного вещества (в г) к объему раствора (в см<sup>3</sup>):

$$T = m/V \text{ (г/см}^3\text{)}.$$

Этот способ выражения концентрации растворов применяется в объемном анализе.

7. **Молярная доля растворенного вещества ( $N$ )** – это отношение количества растворенного вещества к сумме количеств всех веществ, составляющих раствор.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 51 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Так, если в растворе содержатся только два компонента – растворитель и растворенное вещество, то выражение для мольной доли растворенного вещества ( $B$ ) имеет следующий вид:

$$N_B = n_B / n_A + n_B,$$

где  $n_A$  – количество растворителя,  $n_B$  – количество растворенного вещества.

Моляльная концентрация и мольная доля используются, главным образом, в физико-химических исследованиях, так как концентрация, выраженная этими величинами, не зависит от температуры.

Очень часто при расчетах удобно переходить от одной концентрации к другой. При переходе от молярных концентраций к нормальным и наоборот следует учитывать число эквивалентов, входящих в состав моля данного вещества. Если  $\Theta$  – число эквивалентов, содержащихся в одном моле растворенного вещества, то

$$C_M = C_N \cdot \Theta,$$

где  $C_M$  – молярность, а  $C_N$  – нормальность раствора.

Между молярностью и процентной концентрацией существует математическая зависимость:

$$C_M = 10\rho\omega \% / M,$$

где  $\rho$  – плотность раствора,  $\omega$  % – процентная концентрация,  $M$  – молярная масса вещества.

Очень часто в лабораторной практике и при решении задач приходится встречаться со случаями приготовления растворов с определенной массовой долей растворенного вещества, смешением двух растворов разной концентрации или разбавлением концентрированного раствора водой. В некоторых случаях можно провести достаточно сложный арифметический расчет. Однако это малопродуктивно. Чаще



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 52 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

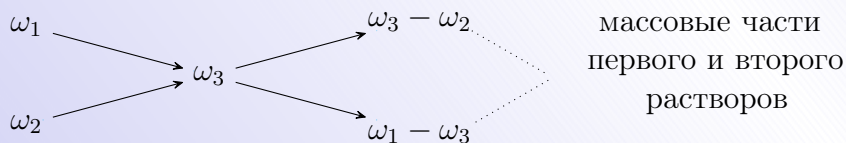
для этого лучше применить правило смешения (диагональную модель «конверта Пирсона», или правило креста).

Допустим, нужно приготовить раствор определенной концентрации, имея в распоряжении два раствора с более высокой и менее высокой концентрацией, чем нужно нам. Тогда, если обозначить массу первого раствора через  $m_1$ , а второго – через  $m_2$ , то при смешивании общая масса смеси будет слагаться из суммы этих масс. Пусть массовая доля растворенного вещества в первом растворе –  $\omega_1$ , во втором –  $\omega_2$ , а в их смеси –  $\omega_3$ . Тогда общая масса растворенного вещества в смеси будет слагаться из масс растворенного вещества в исходных растворах:

$$m_1 \cdot \omega_1 + m_2 \cdot \omega_2 = \omega_3 (m_1 + m_2),$$
$$m_1 (\omega_1 - \omega_3) = m_2 (\omega_3 - \omega_2), m_1/m_2 = (\omega_3 - \omega_2) / (\omega_1 - \omega_3).$$

Видно, что отношение массы первого раствора к массе второго раствора есть отношение разности массовых долей растворенного вещества в смеси и во втором растворе к разности соответствующих величин в первом растворе и в смеси.

При решении задач на растворы с разными концентрациями чаще всего применяют диагональную схему правила смешения (правило «креста»). При расчетах записывают одну над другой массовые доли растворенного вещества в исходных растворах, справа между ними – его массовую долю в растворе, который нужно приготовить, и вычитают по диагонали из большего меньшее значение. Разности их вычитаний показывают массовые доли для первого и второго растворов, необходимые для приготовления нужного раствора:



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 53 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Примеры решения задач

**Задача 1.** Определите концентрацию раствора, полученного при слиянии 150 г 30 %-го и 250 г 10 %-го растворов какой-либо соли.

### Решение

*1-й способ (метод пропорций).*

Общая масса раствора:

$$m_3 = m_1 + m_2 = 150 + 250 = 400 \text{ г.}$$

Массу вещества в первом растворе находим методом пропорций, исходя из определения: процентная концентрация раствора показывает, сколько граммов растворенного вещества находится в 100 г раствора:

100 г 30 %-го р-ра содержит 30 г в-ва,

150 г 30 %-го р-ра –  $x$  г в-ва,

$$x = 150 \cdot 30/100 = 45 \text{ (г)}.$$

Для второго раствора составляем аналогичную пропорцию:

100 г 10 %-го р-ра содержит 10 г в-ва,

250 г 10 %-го р-ра –  $y$  г в-ва,

$$y = 250 \cdot 10/100 = 25 \text{ (г)}.$$

Следовательно, 400 г нового раствора содержит  $45 \text{ г} + 25 \text{ г} = 70 \text{ г}$  растворенного вещества.

Теперь можно определить концентрацию нового раствора:

400 г р-ра – 70 г в-ва,

100 г р-ра –  $z$  г в-ва,

$$z = 100 \cdot 70/400 = 17,5 \text{ (г)}, \text{ или } 17,5 \text{ \%}.$$

*2-й способ (алгебраический).*

$$m_1 \cdot \omega_1 + m_2 \cdot \omega_2 = \omega_3 (m_1 + m_2),$$

$$\omega_3 = (m_1 \cdot \omega_1 + m_2 \cdot \omega_2) / (m_1 + m_2).$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 54 из 251

Назад

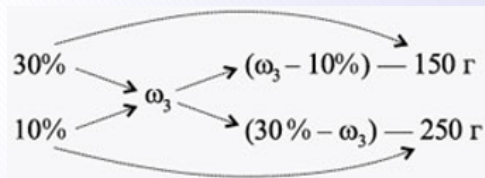
На весь экран

Закреть

В результате находим:

$$\omega_3 = (150 \cdot 30 + 250 \cdot 10) / (150 + 250) = 17,5 \%$$

3-й способ (правило «креста»).



$$(\omega_3 - 10) / (30 - \omega_3) = 150 / 250. \text{ Тогда}$$

$$(30 - \omega_3) \cdot 150 = (\omega_3 - 10) \cdot 250,$$

$$4500 - 150\omega_3 = 250\omega_3 - 2500,$$

$$4500 + 2500 = 250\omega_3 + 150\omega_3,$$

$$7000 = 400\omega_3, \omega_3 = 7000 / 400 = 17,5 (\%).$$

*Ответ.* При слиянии взятых растворов получится новый раствор с концентрацией  $\omega_3 = 17,5 \%$ .

**Задача 2.** Определите, сколько нужно взять 10 %-го раствора соли и 30 %-го раствора этой же соли для приготовления 500 г 20 %-го раствора.

### Решение

При решении этой задачи также можно использовать три метода:

- 1) метод пропорций;
- 2) алгебраический метод;
- 3) правило «креста».



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



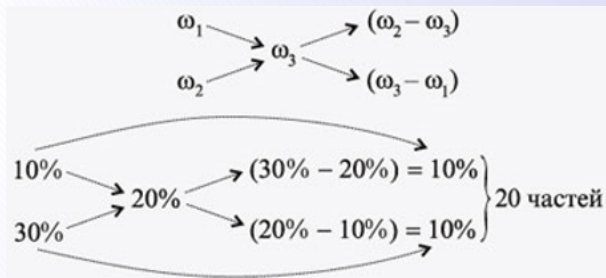
Страница 55 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Решим задачу по правилу «креста».



Для приготовления 500 г 20 %-го раствора соли нужно взять по 10 частей растворов исходных концентраций. Проверим правильность нашего решения, учитывая, что 1 часть равна  $500/(10 + 10) = 25$  (г).

250 г 10 %-го р-ра –  $x$  г соли,

100 г 10 %-го р-ра – 10 г соли,

$x = 250 \cdot 10/100 = 25$  (г).

250 г 30 %-го р-ра –  $y$  г соли,

100 г 30 %-го р-ра – 30 г соли,

$y = 250 \cdot 30/100 = 75$  (г).

$m$  (р-ра) =  $250 + 250 = 500$  (г).

$m$  (соли) =  $25 + 75 = 100$  (г).

Отсюда находим  $\omega_3$ :

500 г р-ра – 100 г соли,

100 г р-ра –  $\omega_3$  г соли,

$\omega_3 = 100 \cdot 100/500 = 20$  г, или 20 %.

*Ответ:* для приготовления 500 г 20 %-го раствора нужно взять исходные растворы по 250 г.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 56 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



**Задача 3.** Определите, сколько нужно взять растворов соли 60 %-й и 10 %-й концентраций для приготовления 300 г раствора 25 %-й концентрации.

### Решение

Используем правило креста:



Масса одной части:  $300/50 = 6$  (г), тогда  
 $m_1 = 6 \cdot 15 = 90$  (г),  $m_2 = 6 \cdot 35 = 210$  (г).

Проверим правильность решения:

100 г 60 %-го р-ра – 60 г соли,

90 г 60 %-го р-ра –  $x$  г соли,

$x = 54$  (г).

100 г 10 %-го р-ра – 10 г соли,

210 г 30 %-го р-ра –  $y$  г соли,

$y = 21$  (г).

$m$  (соли) =  $54 + 21 = 75$  (г).

Находим концентрацию нового раствора:

300 г р-ра – 75 г соли,

100 г р-ра –  $z$  г соли,

$z = 100 \cdot 75/300 = 25$  (г), или 25 %.

*Ответ:*  $m_1 = 90$  г,  $m_2 = 210$  г.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 57 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

**Задача 4.** Определите массу раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10 %-й концентрации и массу сухого кристаллогидрата  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , которые нужно взять для приготовления 540 г раствора 15 %-й концентрации.

### Решение

Определяем массу соли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 540 г 15 %-го раствора:

100 г 15 %-го р-ра – 15 г соли,

540 г 15 %-го р-ра –  $z$  г соли,

$$z = 540 \cdot 15/100 = 81 \text{ (г)}.$$

Пусть  $x$  – масса  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( $\omega = 10 \%$ ), а  $y$  – масса  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в кристаллогидрате  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Тогда масса раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  –  $10x$ , а масса кристаллогидрата составляет  $286y/106 = 2,7y$ ;

Составляем систему уравнений:

$$x + y = 81,$$

$$10x + 2,7y = 540.$$

С учетом того что  $x = 81 - y$ , избавляемся от второго неизвестного:

$$10(81 - y) + 286y/106 = 540.$$

$$\text{Отсюда } y = 270/7,3 = 37 \text{ (г)}.$$

Тогда  $286y/106 = 2,7 \cdot 37 \approx 100$  (г) – это масса необходимого количества кристаллогидрата  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

Далее находим:  $x = 81 - y = 81 - 37 = 44$  (г) – это масса соли из 10 %-го раствора.

Находим массу 10 %-го раствора:

100 г 10 %-го р-ра – 10 г соли,

$m_1$  г 10 %-го р-ра – 44 г соли,

$$m_1 = 100 - 44/10 = 440 \text{ (г)}.$$

*Ответ:*  $m$  (раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) = 440 г,  $m$  ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) = 37 г.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 58 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

**Задача 5.** Для засола огурцов используют 7 %-ный водный раствор поваренной соли (хлорида натрия). Именно такой раствор в достаточной мере подавляет жизнедеятельность болезнетворных микробов и плесневого грибка и в то же время не препятствует процессам молочнокислого брожения. Рассчитайте массу соли и объем воды для приготовления 5 л 7 %-го раствора хлорида натрия, если его плотность равна 1048 г/л. Вычислите молярную концентрацию NaCl в этом растворе.

### Решение

В решении задачи используется уравнение, связывающее между собой массу растворенного вещества, его массовую долю в растворе, а также плотность и объем раствора:

$$\begin{aligned}m(\text{NaCl}) &= \omega(\text{NaCl}) \cdot d_1 \cdot V_1 = 0,07 \cdot 1048 \cdot 5 \text{ [г/л} \cdot \text{л]} = 366,8 \text{ г,} \\V(\text{воды}) &= m(\text{воды})/d(\text{воды}) = (m_1 - m(\text{NaCl})) / d(\text{воды}) = \\&= (d_1 \cdot V_1) \omega(\text{воды}) = (d_1 \cdot V_1) \cdot (1 - \omega(\text{NaCl})) = \\&= (1048 \cdot 5) \cdot (1 - 0,07) = 4,873 \text{ (л)} = 4873 \text{ (мл)}.\end{aligned}$$

Для вычисления молярной концентрации хлорида натрия используется соотношение:

$$c(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl})/V_1 = m(\text{NaCl}) \cdot d_1 / M(\text{NaCl}) \cdot m_1.$$

Учитывая, что  $\omega(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl})/m_1$ , сделаем вывод, что

$$\begin{aligned}c(\text{NaCl}) &= \omega(\text{NaCl}) \cdot d_1 / M(\text{NaCl}) = \\&= 0,07 \cdot 1048 / 58,5 = 1,25 \text{ (моль/л)}.\end{aligned}$$

**Ответ:** 366,8 г NaCl и 4873 мл воды; 1,25 моль/л.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 59 из 251

Назад

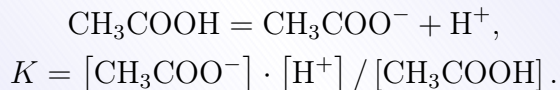
На весь экран

Закреть

Для решения задач на тему «Ионные равновесия в растворах электролитов» необходимо знать:

- равновесие в растворе слабых электролитов: константа диссоциации слабых электролитов, степень диссоциации, закон разбавления Оствальда;
- теория сильных электролитов: активность, коэффициент активности, ионная сила растворов;
- водородный показатель среды водных растворов электролитов (рН растворов);
- рН среды в растворах слабых и сильных электролитов.

Диссоциация слабых электролитов идет обратимо и поэтому характеризуется состоянием равновесия. Состояние равновесия характеризуется константой равновесия, которая называется *константой диссоциации*:



**Закон разбавления Оствальда:** степень диссоциации возрастает при разбавлении раствора, т. е. при уменьшении его концентрации.

$$K_{\text{дис}} = c\alpha^2 / c(1 - \alpha),$$

где  $c\alpha$  – концентрация каждого из ионов, а  $c(1 - \alpha)$  – концентрация недиссоциированных молекул.

Математическое выражение закона Оствальда позволяет определять степень диссоциации при разных концентрациях электролита, если известна его константа диссоциации, либо константу диссоциации электролита, если известна его степень диссоциации при какой-либо концентрации. Для растворов, в которых диссоциация электролита очень мала, уравнение закона Оствальда можно упростить. В данном



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 60 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

случае  $a \ll 1$ , следовательно, этой величиной можно пренебречь в знаменателе правой части уравнения. Тогда это уравнение примет следующий вид:

$$K_{\text{дис}} \cong \alpha^2 \cdot c \text{ или } \alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дис}}}{c}}.$$

**Теория сильных электролитов. Активность ионов.** Для сильных электролитов, когда степень диссоциации велика, константа диссоциации зависит от концентрации, так как при накоплении в растворе большого числа ионов сказывается их взаимное влияние. Потенциально свойствами сильных электролитов обладают вещества, имеющие кристаллическую структуру координационного типа со значительной ионностью связи. Типичным примером подобных веществ являются многие соли. В их кристаллической решетке невозможно выделить отдельную молекулу. Поэтому при растворении таких веществ в полярных растворителях (например, в воде) в раствор переходят отдельные сольватированные ионы, таким образом, процесс электролитической диссоциации протекает полностью, т. е. недиссоциированные частицы в растворе отсутствуют. Отсюда следует, что для растворов сильных электролитов неприменимы представления о константе и степени диссоциации, так как оба эти понятия учитывают присутствие в растворе некоторой доли недиссоциированных частиц. При определенных условиях, например, когда растворитель обладает малой диэлектрической проницаемостью, создаются условия для электростатического взаимодействия сольватированных ионов противоположного знака. При этом последние подходят друг к другу на близкое расстояние. Каждый ион окружен ионной атмосферой, состоящей из противоположно заряженных ионов, что затрудняет их движение в растворе.

Для оценки состояния ионов в растворе было введено понятие *активности* – эффективной, условной концентрации иона, в соответствии с которой он вступа-



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 61 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

ет в химические реакции. Активность иона ( $a$ ) равна произведению его молярной концентрации  $c$  и коэффициента активности  $f$ :

$$a = f \cdot c.$$

Коэффициенты активности различных ионов различны. Они изменяются при изменении условий, например при изменении концентрации раствора. Если  $f < 1$ , то есть взаимодействие между ионами, приводящее к их взаимному связыванию. Если  $f \approx 1$ , то взаимодействие между ионами носит слабый характер. В разбавленных растворах природа ионов мало влияет на значения коэффициентов активности. Приблизительно считают, что коэффициент активности данного иона зависит только от его заряда и от *ионной силы раствора*  $I$ , которая является полусуммой произведений концентраций всех находящихся в растворе ионов на квадрат их заряда:

$$I = 0,5 \cdot \sum_{i=1}^n (c_i z_i^2).$$

### ***Ионное произведение воды. Водородный показатель среды (рН).***

Реакция среды водных растворов определяется концентрацией ионов  $\text{H}^+$  или  $\text{OH}^-$ . Произведение концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов называется ионным произведением воды:

$$K_{\text{в}} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-].$$

$K_{\text{в}}$  при температуре 25 °С составляет  $10^{-14}$ .

В водных растворах различают три типа среды.

Для характеристики среды растворов удобно пользоваться водородным показателем (рН). Водородным показателем называется отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+].$$



***Кафедра  
химии***

Начало

Содержание



Страница 62 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Например, если  $[H^+] = 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>, то  $pH = -\lg 10^{-3} = 3$ .

Чем меньше величина pH, тем больше кислотность раствора. Чем больше величина pH, тем больше щелочность раствора.

Для воды и разбавленных водных растворов  $[H^+] \cdot [OH^-] = \text{const} = K_w$ , где  $K_w$  – ионное произведение воды.

При  $T = 298 \text{ }^\circ\text{K}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) для чистой воды  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup>, поэтому:

$$K_w = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14} \text{ или } pH + pOH = 14,$$

$$\text{т. е. } pH = 14 - pOH.$$

Таким образом, сумма водородного и гидроксильного показателей в водных растворах при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  равна 14.

При увеличении температуры значение ионного произведения воды возрастает (например, при  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  оно достигает величины  $5,5 \cdot 10^{-13}$ ).

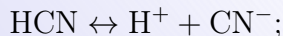
Следует учитывать, что какой бы ни была величина pH раствора, произведение концентраций  $[H^+] \cdot [OH^-]$  остается неизменным. Величина ионного произведения воды может измениться только при изменении температуры, но не при изменении  $[H^+]$  или  $[OH^-]$ .

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Вычислить концентрацию ионов  $H^+$  и  $CN^-$  в 0,1 М растворе, если  $K_{HCN} = 7,2 \cdot 10^{-10}$ .

#### Решение

В водном растворе синильная кислота распадается на ионы:



$$K_d = [H^+] \cdot [CN^-] / [HCN].$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 63 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Обозначим концентрацию ионов через  $x$ , тогда  $[H^+] = [CN^-] = x$ , а концентрация неионизированных молекул  $[HCN] = C - x$ .

$$K_{HCN} = \frac{x^2}{C - x} = \frac{x^2}{C},$$

$$\begin{aligned} \text{так как } C - x &\Rightarrow C, x = [H^+] = [CN^-] = \sqrt{K_{HCN} \cdot C} = \\ &= \sqrt{7,2 \cdot 10^{-10} \cdot 0,1} = \sqrt{7,2 \cdot 10^{-11}} = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ (моль/л)}. \end{aligned}$$

*Ответ:*  $[H^+] = [CN^-] = 8,5 \cdot 10^{-6}$  моль/л.

**Задача 2.** Вычислить степень ионизации 0,1 М раствора HCN.

### Решение

Степень ионизации рассчитаем по формуле:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{HCN}}{C}},$$

$$\alpha_{\text{ион}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^{-10}}{0,1}} = \sqrt{7,2 \cdot 10^{-9}} = 8,5 \cdot 10^{-5}, \text{ или } 8,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2 = 0,0085 \text{ \%}.$$

Этот пример можно решить и по-другому. Если известна концентрация ионов (см. **задачу 1**), то  $\alpha$  можно вычислить так:

$$\begin{aligned} C \cdot \alpha &= [H^+] = [CN^-], \\ [H^+] &= [CN^-] = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}. \end{aligned}$$

$$\text{Тогда } \alpha_{\text{ион}} = \frac{8,5 \cdot 10^{-6}}{0,1} = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ или } 8,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2 = 0,0085 \text{ \%}.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 64 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Ответ:  $\alpha = 0,0085 \%$ .

**Задача 3.** Степень ионизации 0,1 М раствора гидроксида аммония равна 1,33 %. Вычислить концентрацию ионов  $\text{OH}^-$  и константу ионизации.

### Решение

В водном растворе  $\text{NH}_4\text{OH}$  распадается на ионы:



Степень ионизации  $\alpha$  рассчитываем:

$$\alpha = \frac{C_{\text{ион}}}{C_{\text{общ}}};$$

подставляем числовые значения:

$$1,33 \cdot 10^{-2} = \frac{C_{\text{ион}}}{0,1},$$

$$[\text{OH}^-] = C_{\text{ион}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)}.$$

Подставляем в выражение  $K_{\text{ион}}$ :

$$K_{\text{ион}} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]};$$
$$K_{\text{ион}} = \frac{1,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1,33 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 1,76 \cdot 10^{-5}.$$

Ответ:  $K_{\text{ион}} = 1,76 \cdot 10^{-5}$ .



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 65 из 251

Назад

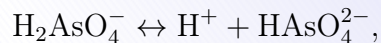
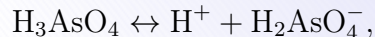
На весь экран

Закреть

**Задача 4.** Вычислить концентрацию ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HAsO}_4^{2-}$  и  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  в 0,1 М  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ .

### Решение

Диссоциация мышьяковой кислоты протекает по трем ступеням, запишем уравнения ступенчатой диссоциации:



Теперь по каждой ступени диссоциации выразим константу диссоциации:

$$K_{\text{д1}} = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{AsO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{AsO}_4]} = 5,6 \cdot 10^{-3},$$

$$K_{\text{д2}} = \frac{[\text{H}^+][\text{HAsO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{AsO}_4^-]} = 1,7 \cdot 10^{-7},$$

$$K_{\text{д3}} = \frac{[\text{H}^+][\text{AsO}_4^{3-}]}{[\text{HAsO}_4^{2-}]} = 2,95 \cdot 10^{-12}.$$

Рассчитываем  $\text{H}^+$  и  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  по первой ступени диссоциации.

$$K_{\text{д1}} = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{AsO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{AsO}_4]} = 5,6 \cdot 10^{-3},$$

$$x = [\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{AsO}_4^-].$$

$[\text{H}_3\text{AsO}_4] = 0,1 - x$ , т. е. первоначальная концентрация минус концентрация протиссоциировавших молекул. Подставим эти значения в выражение для константы диссоциации:

$$K_{\text{д1}} = \frac{x \cdot x}{0,1 - x} = 5,6 \cdot 10^{-3}.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 66 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

Значением величины  $x$  в знаменателе можно пренебречь, т. к. значение его является малой величиной, и тогда получается:

$$5,6 \cdot 10^{-3} = \frac{x^2}{0,1},$$

$$x^2 = 5,6 \cdot 10^{-4},$$

$$x = 2 \cdot 10^{-2},$$

$$x = [\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{AsO}_4^-] = 2 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л)}.$$

Теперь по второй ступени узнаем  $[\text{HAsO}_4^{2-}] = 1,7 \cdot 10^{-7}$ ,

$$K_{\text{д}_2} = \frac{[\text{H}^+][\text{HAsO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{AsO}_4^-]} = 1,7 \cdot 10^{-7},$$

$$x = [\text{HAsO}_4^{2-}],$$

$$[\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{AsO}_4^-] = 2 \cdot 10^{-2}.$$

Подставляем эти значения в константу диссоциации:

$$1,7 \cdot 10^{-7} = \frac{2 \cdot 10^{-2}x}{2 \cdot 10^{-2}},$$

числитель и знаменатель сокращаются, и остается  $x = 1,7 \cdot 10^{-7}$ .

$$[\text{HAsO}_4^{2-}] = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ (моль/л)}.$$

*Ответ:*  $[\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{AsO}_4^-] = 2 \cdot 10^{-2}$  (моль/л);  $[\text{HAsO}_4^{2-}] = 1,7 \cdot 10^{-7}$  (моль/л).

**Задача 5.** Вычислить ионную силу и активность ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в 0,01 М растворе NaCl.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 67 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

## Решение

$$\mu = \frac{1}{2} (1^2 \cdot c_{\text{Na}^+} + 1^2 \cdot c_{\text{Cl}^-}) = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,01) = 0,01, \text{ т. е. } \mu = c.$$

Средний коэффициент активности  $f = 0,89$ , тогда

$$a_{\text{Na}^+} = a_{\text{Cl}^-} = 0,01 \cdot 0,89 = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Ответ:  $\mu = c$ ,  $a_{\text{Na}^+} = a_{\text{Cl}^-} = 8,9 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

**Задача 6.** Вычислить ионную силу и активность сульфат-иона  $\text{SO}_4^{2-}$  раствора, содержащего 0,005 М  $\text{ZnSO}_4$  и 0,01 М  $\text{AlCl}_3$ .

## Решение

Определяем ионную силу раствора:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{2} (2^2 \cdot 0,005 + 2^2 \cdot 0,005 + 3^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,01 \cdot 3) = \\ &= \frac{1}{2} (0,02 + 0,02 + 0,09 + 0,03) = \frac{1}{2} \cdot 0,16 = 0,08. \end{aligned}$$

Проверяем расчетную величину  $\mu$ , используя сопряженный метод:

$$\begin{aligned} \mu &= 4c_{\text{ZnSO}_4} = 4 \cdot 0,005 + 6 \cdot 0,01 = 0,08, \\ a_{\text{SO}_4^{2-}} &= c \cdot f = 0,005 \cdot 0,47 = 0,00235 = 2,35 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.} \end{aligned}$$

Для разбавленных растворов коэффициент активности можно рассчитывать по формулам:

$$\begin{aligned} \lg f &= -0,5 \cdot Z^2 \sqrt{\mu} \text{ для } \mu \leq 0,01, \\ \lg f &= \frac{-0,5 \cdot Z^2 \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} \text{ для } \mu \leq 0,1. \end{aligned}$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 68 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

Для растворов с  $\mu > 0,1$  уравнения сложные, и использовать их нецелесообразно. Следует упомянуть, что расчеты величин  $f$  и  $\mu$  по данным формулам дают приближенные результаты.

*Ответ:*  $\mu = 0,08$ ;  $a_{\text{SO}_4^{2-}} = 2,35 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

**Задача 7.** Одно из самых дешевых азотных удобрений – аммиачная вода, раствор аммиака. Определите степень диссоциации гидрата аммиака  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в 0,002 М растворе, если его рН равен 10,3 при 25 °С.

### Решение

Запишем уравнение реакции и условие задачи в формульном виде:



В соответствии с уравнением реакции равновесная молярная концентрация анионов  $\text{OH}^-$  связана с концентрацией гидрата аммиака и степенью диссоциации:

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= a \cdot c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}), \\ \text{pH} = 14 - \text{pOH} &= 14 + \lg [\text{OH}^-] = 14 + \lg \{a \cdot c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})\}, \\ a &= (10^{\text{pH}-14}) / c = 10^{10,3-14} / 0,002 = 0,093 = 9,3 \%. \end{aligned}$$

*Ответ:*  $a(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 9,3$ .

**Задача 8.** Самый дешевый щелочной реагент для нейтрализации кислотных промышленных стоков – гашеная известь (гидроксид кальция). Используют как суспензию гидроксида кальция («известковое молоко»), так и прозрачный раствор («известковую воду»). Рассчитайте рН 0,02 М раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 69 из 251

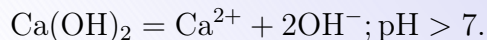
Назад

На весь экран

Закреть

## Решение

Запишем уравнение реакции диссоциации:



В соответствии с уравнением реакции равновесная молярная концентрация анионов  $\text{OH}^-$  вдвое больше концентрации гидроксида кальция  $c(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ :  $[\text{OH}^-] = 2c(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ .

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg [\text{OH}^-] = 14 + \lg 2c(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 12,6.$$

*Ответ:*  $\text{pH} = 12,6$ .

**Задача 9.** Рассчитать молярную концентрацию ионов водорода и гидроксида в растворе гидроксида натрия с  $\text{pH} = 12,5$ .

## Решение

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+],$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}},$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-12,5} = 3,16 \cdot 10^{-13} \text{ моль/дм}^3.$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH},$$

$$\text{pOH} = 14 - 12,5 = 1,5.$$

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-],$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}},$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-1,5} = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3.$$

*Ответ:*  $[\text{H}^+] = 3,16 \cdot 10^{-13} \text{ моль/дм}^3$ ,  $[\text{OH}^-] = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3$ .



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 70 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

## Тема 6. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Окислительно-восстановительные реакции (ОВР) – реакции, идущие с изменением степени окисления атомов элементов – один из самых распространенных типов химических реакций.

Одна из ключевых задач химии – предсказание направления и глубины протекания химической реакции. Для закрытых систем при постоянном давлении и температуре эта задача решается путем нахождения свободной энергии Гиббса, так как именно эта функция состояния характеризует способность системы к совершению полезной работы, т. е. к самопроизвольному протеканию химической реакции:  $\Delta GT \leq A_{\text{хим}}$ . Обычно определить экспериментальным путем не удастся, и  $A_{\text{хим}}$  и  $\Delta GT$  находят другими способами, например с помощью выражения  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ . Однако в случае окислительно-восстановительных реакций имеется удобная возможность экспериментального определения  $\Delta G$  как максимальной полезной электрохимической работы:  $\Delta G = -A_{\text{эл. хим}}$ . Действительно, характерная особенность ОВР, отличающая этот вид химических реакций от других, состоит в том, что процессы окисления и восстановления можно пространственно разделить, если проводить реакцию в электрохимической цепи. При этом удастся осуществить перенос электронов через металлический проводник и измерить электродвижущую силу (ЭДС).

Если ОВР в электрохимической цепи протекает самопроизвольно, то такая цепь называется **гальваническим элементом**. Гальванические элементы находят применение в качестве химических источников тока. Если ОВР идет под внешним воздействием в направлении, противоположном самопроизвольному, то такая электрохимическая цепь называется *электролитической ячейкой*. В ней протекает электролиз. Действительно, если к элементу Даниэля подключить внешний источник тока и подать на Cu- и Zn-электроды достаточно большие положительный и отри-



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



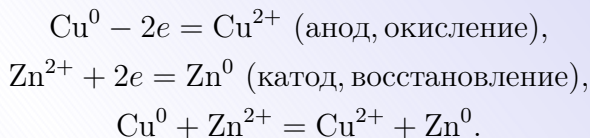
Страница 71 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

катодные потенциалы соответственно, то на электродах будут протекать процессы, противоположные самопроизвольным:



Количественными характеристиками электрохимических процессов являются:

1. *Электрический потенциал* – работа внешних электростатических сил по перемещению единичного положительного заряда из точки с  $\phi = 0$  в данную точку (или: работа системы по перемещению единичного отрицательного заряда из точки с  $\phi = 0$  в данную точку).
2. *Абсолютные потенциалы* измерить невозможно.
3. *Разность потенциалов* можно определить экспериментально, например, если включить в электрохимическую цепь вольтметр с очень высоким внутренним сопротивлением,  $R \geq 10^{12}$  Ом. Так, электродвижущая сила (ЭДС) элемента Даниэля, измеренная при стандартных условиях составляет 1,1 В. Учитывая определение потенциала, данное выше, электродвижущая сила электрохимической ячейки – это максимальная работа, совершаемая электрохимической цепью при перемещении единичного заряда по внешней цепи от анода к катоду:

$$E = \phi_{Ox} - \phi_{Red}.$$

Например, в элементе Даниэля при стандартных условиях  $E = 1,1$  В – работа по перемещению единичного отрицательного заряда от Zn-анода к Cu-катоде). При взаимодействии 1 моль Zn и 1 моль  $\text{CuSO}_4$  переносится  $n = 2$  моль электронов, система совершает работу:

$$A_{э/х} = Q \cdot E = n \cdot e \cdot N_A \cdot E,$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 72 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть



где  $Q = n \cdot e \cdot N_A$  – общий заряд  $n$  моль электронов, прошедших от анода к катоду,  $e$  – заряд одного электрона,  $N_A$  – число Авогадро):

$$A_{э/х} = n \cdot F \cdot E,$$

где  $F$  – число Фарадея – это фундаментальная постоянная, равная заряду одного моля электронов:

$$\begin{aligned} F &= e \cdot N_A = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = \\ &= 96484,6 \text{ Кл/моль} \approx 96500 \text{ Кл/моль}. \end{aligned}$$

Исходя из этого можно рассчитать:

$$A_{э/х} = 2 \cdot 96500 \cdot 1,1 = 212300 \text{ (Дж)} = 212,3 \text{ (кДж)}.$$

Связь между энергией Гиббса и потенциалом выражается уравнением

$$\Delta G = -n \cdot F \cdot E.$$

Из уравнения следует, что  $E$  характеризует глубину и направление протекания реакции аналогично  $\Delta G$ :

1.  $E > 0$ ,  $\Delta G < 0 \Rightarrow$  “ $\rightarrow$ ”, самопроизвольный процесс протекает в прямом направлении (слева направо)  $\Rightarrow$  это гальванический элемент (например, элемент Даниэля).
2.  $E < 0$ ,  $\Delta G > 0 \Rightarrow$  “ $\leftarrow$ ”, самопроизвольный процесс протекает в обратном направлении (справа налево), а для проведения реакции в прямом направлении необходимо приложить внешнюю ЭДС  $\Rightarrow$  это электролитическая ячейка (например, для реакции  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$   $E < 0$ , однако она идет в прямом направлении за счет внешней ЭДС).
3.  $E = 0$ ,  $\Delta G = 0$ , редокс-система находится в состоянии равновесия.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 73 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

## Примеры решения задач

**Задача 1.** Можно ли в качестве окислителя в кислой среде использовать  $K_2Cr_2O_7$  в следующих процессах при стандартных условиях?

- $2F^- - 2e^- = F_2, E^0 = 2,85 \text{ В};$
- $2Cl^- - 2e^- = Cl_2, E^0 = 1,36 \text{ В};$
- $2Br^- - 2e^- = Br_2, E^0 = 1,06 \text{ В};$
- $2I^- - 2e^- = I_2, E^0 = 0,54 \text{ В}.$

### Решение

Стандартный окислительно-восстановительный потенциал системы  $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 7H_2O$  равен  $E^0 = 1,33 \text{ В}$ .

Для определения возможности протекания ОВР в прямом направлении необходимо найти ЭДС гальванического элемента:

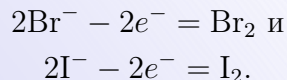
$$\text{ЭДС} = E_{\text{ок}}^0 - E_{\text{восст}}^0.$$

Если найденная величина ЭДС  $> 0$ , то данная реакция возможна.

Итак, определим, можно ли  $K_2Cr_2O_7$  использовать в качестве **окислителя** в следующих гальванических элементах:

- $F_2|F^-||Cr_2O_7^{2-}|Cr^{3+}$ , ЭДС =  $1,33 - 2,85 = -1,52 \text{ В};$
- $Cl_2|Cl^-||Cr_2O_7^{2-}|Cr^{3+}$ , ЭДС =  $1,33 - 1,36 = -0,03 \text{ В};$
- $Br_2|Br^-||Cr_2O_7^{2-}|Cr^{3+}$ , ЭДС =  $1,33 - 1,06 = +0,27 \text{ В};$
- $I_2|I^-||Cr_2O_7^{2-}|Cr^{3+}$ , ЭДС =  $1,33 - 0,54 = +0,79 \text{ В}.$

Таким образом, в качестве окислителя дихромат калия можно использовать только для процессов:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 74 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

*Ответ:*  $K_2Cr_2O_7$  можно использовать в качестве окислителя для окисления бромид и иодид-ионов.

**Задача 2.** Вычислите окислительно-восстановительный потенциал для системы:  $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$ , если  $C(MnO_4^-) = 10^{-5}$  моль/л,  $C(Mn^{2+}) = 10^{-2}$  моль/л,  $C(H^+) = 0,2$  моль/л.

Окислительно-восстановительный потенциал рассчитывают по уравнению Нернста:

$$E = E^0 + (0,059/n) \lg (C_{ок.}/C_{вост.}).$$

В приведенной системе в окисленной форме находятся  $MnO_4^-$  и  $H^+$ , а в восстановленной форме –  $Mn^{2+}$ , поэтому

$$E = 1,51 + (0,059/5) \lg (10^{-5} \cdot 0,2/10^{-2}) = 1,46 \text{ В.}$$

*Ответ:*  $E = 1,46 \text{ В.}$

**Задача 3.** Рассчитайте для стандартных условий константу равновесия окислительно-восстановительной реакции:



### Решение

Константа равновесия  $K$  окислительно-восстановительной реакции связана с окислительно-восстановительными потенциалами соотношением:

$$\lg K = (E_1^0 - E_2^0) n/0,059.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



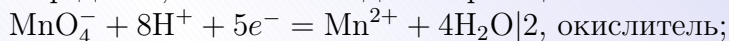
Страница 75 из 251

Назад

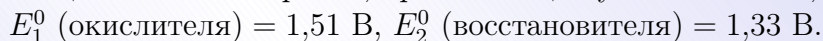
На весь экран

Заккрыть

Определим, какие ионы в данной реакции являются окислителем и восстановителем:



Общее число электронов, принимающих участие в ОВР,  $n = 10$ .



Подставим данные в соотношение для  $K$ :

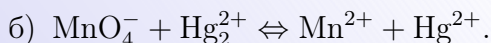
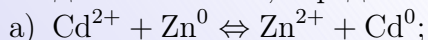
$$\lg K = (1,51 - 1,33) \cdot 10/0,059,$$

$$\lg K = 30,51,$$

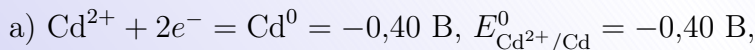
$$K = 3,22 \cdot 10^{30}.$$

$$\text{Ответ: } K = 3,22 \cdot 10^{30}.$$

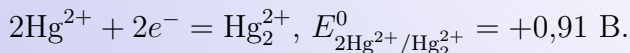
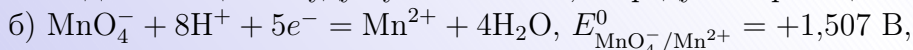
**Задача 4.** Первоначальные активности всех веществ в растворе равны 1. Не проводя вычислений, определите, как будут изменяться концентрации этих веществ:



### Решение



$E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 > E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 \Rightarrow$  из двух полуреакций в прямом направлении протекает первая. Значит, реакция самопроизвольно идет в прямом направлении, концентрации исходных веществ будут уменьшаться, а продуктов реакции – возрастать.



$E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 > E_{2\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}_2^{2+}}^0 \Rightarrow$  из двух полуреакций в прямом направлении идет первая.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 76 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

*Ответ:* а) концентрации исходных веществ будут уменьшаться, а продуктов реакции возрастать;

б) концентрации исходных веществ будут уменьшаться, а продуктов реакции возрастать.

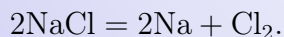
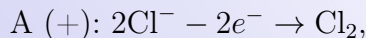
Одним из видов электрохимических процессов является процесс, в результате которого электрическая энергия превращается в химическую. Примером такого процесса является электролиз электролитов.

**Электролиз** – это совокупность окислительно-восстановительных реакций, протекающих на электродах при пропускании электрического тока через раствор или расплав электролита.

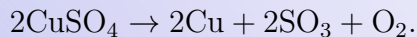
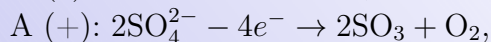
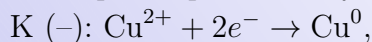
### Электролиз расплавов электролитов

1. Все катионы металлов восстанавливаются на катоде: К (-):  $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn^0$ ;  
 $Na^+ + 1e^- \rightarrow Na^0$ .
2. Анионы бескислородных кислот окисляются на аноде: А (+):  $2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2$ .
3. Анионы кислородсодержащих кислот окисляются на аноде и образуют соответствующий кислотный оксид и кислород: А (+):  $2SO_4^{2-} - 4e^- \rightarrow 2SO_3 + O_2$ .

Например, электролиз расплава хлорида натрия:



Электролиз расплава сульфата меди (II):



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 77 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Электролиз водных растворов электролитов

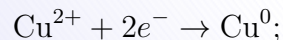
На ход процесса электролиза и характер конечных продуктов большое влияние оказывают природа растворителя, материал электродов, плотность тока на них и другие факторы. В водных растворах электролитов, кроме гидратированных катионов и анионов, присутствуют молекулы воды, которые также могут подвергаться электрохимическому окислению и восстановлению. Какие именно электрохимические процессы будут протекать на электродах при электролизе, зависит от значения электродных потенциалов соответствующих электрохимических систем.

### Катодные процессы

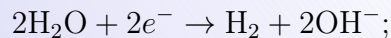
При прочих равных условиях ионы металлов восстанавливаются на катоде тем легче, чем менее активен металл, чем дальше вправо он расположен в ряду напряжений, чем большее значение стандартного электродного потенциала он имеет.

На катоде возможны следующие процессы:

- 1) катионы металлов, имеющие электродный потенциал более высокий, чем у ионов водорода  $H^+$  (в ряду напряжений эти металлы стоят после водорода), при электролизе практически полностью восстанавливаются на катоде:



- 2) катионы металлов, имеющие низкую величину электродного потенциала (от начала ряда напряжения до алюминия включительно), не восстанавливаются на катоде и остаются в растворе, на катоде идет процесс электрохимического восстановления водорода из молекул воды:



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



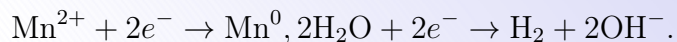
Страница 78 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

- 3) катионы металлов, имеющие электродный потенциал меньше, чем у ионов водорода, но больше, чем у ионов алюминия, т. е. стоящих между Zn и H, при электролизе восстанавливаются на катоде одновременно с водородом:

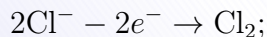


Таким образом, характер катодного процесса при электролизе водных растворов электролитов определяется, прежде всего, положением соответствующего металла в ряду напряжения, т. е. значением стандартного электродного потенциала металла.

### Анодные процессы

При электролизе веществ используются инертные, не изменяющиеся в процессе электролиза аноды (графитовые, платиновые) и растворимые аноды, окисляющиеся в процессе электролиза легче, чем анионы (из цинка, никеля, серебра, меди и других металлов). При электролизе растворов электролитов на аноде возможны следующие процессы:

- 1) анионы бескислородных кислот ( $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{I}^{-}$ ,  $\text{Br}^{-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ) при их достаточной концентрации легко окисляются до соответствующих простых веществ (исключение – фторид-ион  $\text{F}^{-}$ ):



- 2) при электролизе водных растворов щелочей, кислородсодержащих кислот и их солей, а также плавиковой кислоты и фторидов происходит электрохимическое окисление воды с выделением кислорода:  $4\text{OH}^{-} - 4e^{-} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (в щелочных растворах);  $2\text{H}_2\text{O} - 4e^{-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^{+}$  (в кислых и нейтральных растворах).

### Законы электролиза

Количественные соотношения при электролизе между выделившимся веществом и прошедшим через электролит электричеством выражаются двумя законами Фарадея.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 79 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

**I закон Фарадея:** количество веществ, выделяющихся на электродах при электролизе, прямо пропорционально количеству электричества, прошедшего через раствор или расплав электролита. Количество вещества, выделяющегося при прохождении через электролит 1 кулона электричества, называется *электрохимическим эквивалентом*.

**II закон Фарадея:** количества веществ, выделившихся на электродах при прохождении одинакового количества электричества, прямо пропорциональны их *химическим эквивалентам*. Следовательно, для восстановления на катоде и окисления на аноде 1 моль-эквивалента любого вещества необходимо затратить одно и то же количество электричества, а именно 96500 кулонов. Эта константа называется *числом Фарадея* и обозначается буквой  $F$ . Из законов Фарадея вытекает:

$$m = M_s It / F = M_s It / 96500,$$

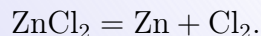
где  $m$  – масса вещества;  $M_s$  – молярная масса электрохимического эквивалента вещества;  $I$  – сила тока (А);  $t$  – продолжительность электролиза (с);  $F$  – постоянная Фарадея (Кл).

### Примеры решения задач

**Задача 1.** При электролизе водного раствора хлорида цинка на катоде выделился цинк массой 68,25 г, а на аноде – хлор объемом 28,22 л (н. у.). Определите выход цинка, если выход хлора составил 90 % от теоретически возможного.

#### Решение

При электролизе раствора хлорида цинка происходит процесс:



Рассчитаем количество выделившегося хлора:

$$n_{\text{хл}} = V/V_m = 28,22/22,4 = 1,26 \text{ (моль)}.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 80 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



С учетом выхода хлора находим количество хлора теоретическое:

$$n_{\text{т.}} = n_{\text{пр.}}/\eta = 1,26/0,9 = 1,4 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции находим количество образовавшегося цинка:

$$n_{\text{т.}} = n_{\text{т.}} (\text{Cl}_2) = 1,4 \text{ моль.}$$

Согласно условию  $n_{\text{пр.}} (\text{Zn}) = 68,25/65 = 1,05$  (моль).

Находим выход цинка:

$$\eta (\text{Zn}) = n_{\text{пр.}}/n_{\text{т.}} = 1,05/1,4 = 0,75, \text{ или } 75 \text{ \%}.$$

*Ответ:*  $\eta (\text{Zn}) = 75 \text{ \%}$ .

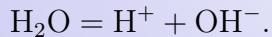
**Задача 2.** Электрический ток силой 10 А пропускали в течение 30 мин через водный раствор  $\text{CaBr}_2$ . Какие вещества и в каком количестве по массе выделяются за это время на угольных электродах? Напишите уравнения анодного и катодного процессов, а также суммарное уравнение электролиза.

### Решение

На аноде легче окисляются атомы, молекулы или ионы с наименьшим электродным потенциалом, а на катоде восстанавливаются те ионы, молекулы, атомы, потенциалы которых наиболее высокие. Поэтому при электролизе нейтрального водного раствора  $\text{CaBr}_2$  на катоде будет водородная деполяризация, т. к.  $E^0 (\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2) = -0,41 \text{ В}$ , а  $E^0 (\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}) = -2,87 \text{ В}$ . Окисляются же на аноде ионы  $\text{Br}^-$ , несмотря на то, что  $E^0 (\text{Br}_2/\text{Br}^-) = 1,07 \text{ В}$ , а  $E^0 (\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 0,81 \text{ В}$ , т. к. кислородная деполяризация идет с большим перенапряжением.

Схематически это можно записать следующим образом:

Исходные электролиты в водном растворе диссоциируют:



На аноде:  $2\text{Br}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Br}_2$ , т. е. на аноде выделяется бром.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



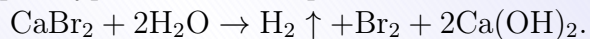
Страница 81 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

На катоде:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ , т. е. на катоде выделяется водород. Суммарное уравнение электролиза:



По закону Фарадея:

$$m = M_{\text{э}}It/F,$$

$$m(\text{Br}_2) = 80 \cdot 10 \cdot 1800/96500 = 14,9 \text{ (г)},$$

$$m(\text{H}_2) = 1 \cdot 10 \cdot 1800/96500 = 0,1865 \text{ (г)}.$$

Таким образом, на катоде выделяется водород массой 0,1865 г за счет восстановления ионов водорода из воды; на аноде выделяется бром массой 14,9 за счет окисления бромид-ионов.

*Ответ:*  $m(\text{Br}_2) = 14,9 \text{ г}$ ,  $m(\text{H}_2) = 0,1865 \text{ г}$ .



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 82 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Тема 7. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

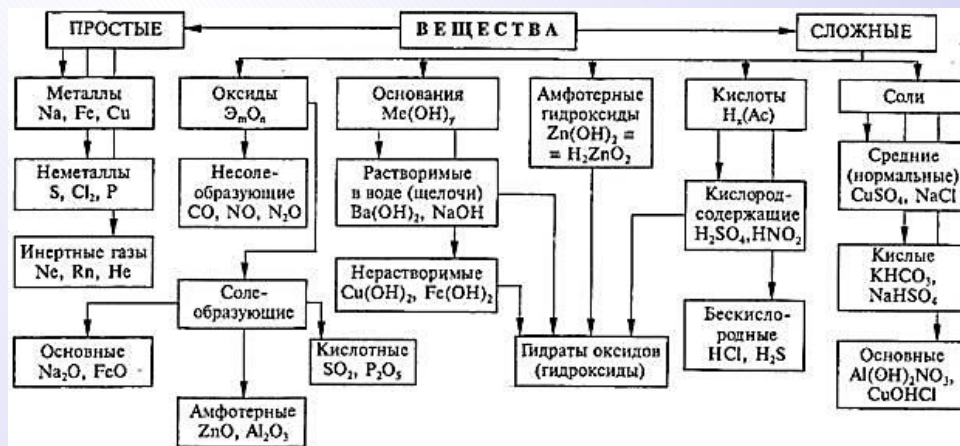


Рисунок 1 – Классификация неорганических соединений

Тема «**Классы неорганических соединений**» занимает одно из главных мест в общей и неорганической химии. Знания классификации веществ, а также особенностей и свойств классов соединений позволяют ориентироваться в большом разнообразии неорганических веществ и их свойствах. Освоение этой темы сопровождается решением расчетных задач. Следует отметить, что чаще всего это комбинированные задачи, в которых сочетаются различные типы расчетов: задачи на смеси (газовые и смеси в кристаллическом состоянии и в растворах), нахождение формул веществ, избыток-недостаток и другие. Для успешного овладения методикой решения таких задач необходимо знать:

- алгоритмы решения разных типов задач;
- классификацию неорганических соединений;



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 83 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

- химические свойства каждого класса соединений;
- генетическую связь между классами неорганических соединений.

Классификация неорганических веществ представлена на [рисунке 1](#).

Генетические связи – это связи между разными классами, основанные на их взаимопревращениях.

На [рисунке 2](#) представлена генетическая связь между классами неорганических соединений.

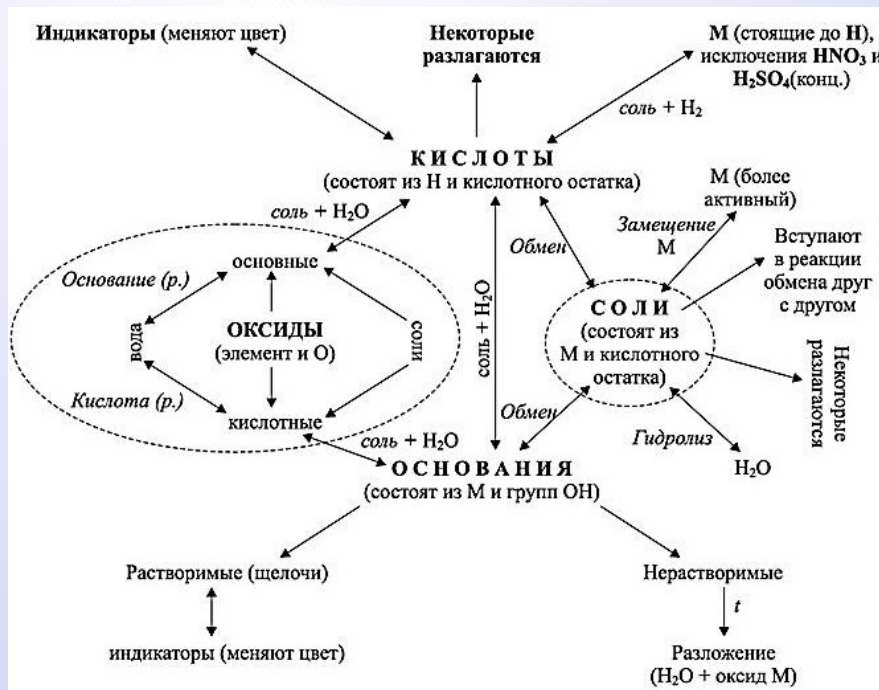


Рисунок 2 – Генетическая связь между классами неорганических соединений



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 84 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

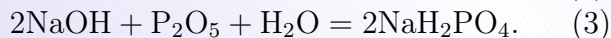
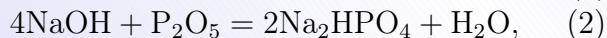
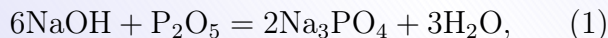
Следует обратить внимание на решение задач на образование различных типов солей и их смесей.

### Примеры решения задач на образование солей

**Задача 1.** Определите состав и массовую долю соли, полученной растворением в 160 г раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 5\%$  оксида фосфора (V) массой 14,2 г.

#### Решение

Запишем уравнения реакций образования всех возможных солей:



$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{14,2 \text{ г}}{142 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль},$$

$$\omega = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{р-ра})} \cdot 100 \%$$

$$m(\text{NaOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100 \%},$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,05 \cdot 160 \text{ г} = 8 \text{ г}.$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{8 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}.$$

$n(\text{NaOH}) : n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,2 : 0,1 = 2 : 1 \Rightarrow$  по уравнению (3) образуется кислая соль  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

$$n(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = n(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль},$$

$$m(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,2 \text{ моль} \cdot 120 \text{ г/моль} = 24 \text{ г}.$$

$$m(\text{р-ра после р-ции}) = m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) + m(\text{P}_2\text{O}_5) = 160 \text{ г} + 14,2 \text{ г} = 174,2 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = \frac{m(\text{NaH}_2\text{PO}_4)}{m(\text{р-ра})} = \frac{24 \text{ г}}{174,2 \text{ г}} \cdot 100 \% = 13,8 \%$$

*Ответ:*  $\omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 13,8\%$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 85 из 251

Назад

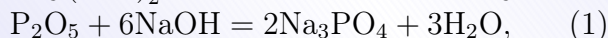
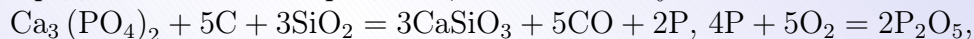
На весь экран

Закреть

**Задача 2.** Фосфор, полученный из 15,5 г ортофосфата кальция, полностью окислили избытком кислорода и продукт растворили в 250 см<sup>3</sup> раствора, содержащего 0,8 моль NaOH ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ). Найдите состав и массовые доли веществ в полученном растворе.

### Решение

Представим химизм процессов, описанных в условии:



$$n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = \frac{15,5 \text{ г}}{310 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль.}$$

$$n(\text{P}) = 2n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 2 \cdot 0,05 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль.}$$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{2}{4}n(\text{P}) = \frac{2}{4} \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,05 \text{ моль.}$$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) : n(\text{NaOH}) = \frac{0,05 \text{ моль}}{0,8 \text{ моль}} = \frac{1}{16} \Rightarrow \text{по уравнению реакции,}$$

$\frac{n(\text{P}_2\text{O}_5)}{n(\text{NaOH})} = \frac{0,05 \text{ моль}}{0,8 \text{ моль}} \Rightarrow \text{NaOH}$  в избытке, по уравнению (1) образуется средняя соль  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; расчет ведем по  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 2n(\text{P}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 0,05 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль,}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,1 \text{ моль} \cdot 164 \text{ г/моль} = 16,4 \text{ г.}$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,05 \text{ моль} \cdot 142 \text{ г/моль} = 7,1 \text{ г.}$$

$$m(\text{р-ра NaOH}) = \rho \cdot V = 1 \text{ г/см}^3 \cdot 250 \text{ см}^3 = 250 \text{ г.}$$

$$m(\text{р-ра после реакции}) = m(\text{р-ра}_1) + m(\text{P}_2\text{O}_5) = 250 \text{ г} + 7,1 \text{ г} = 257,1 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{Na}_3\text{PO}_4)}{m(\text{р-ра})} = \frac{16,4 \text{ г}}{257,1 \text{ г}} \cdot 100 \% = 6,38 \%.$$

*Ответ:*  $\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 6,38 \%$ .



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 86 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Тема 8. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ РАСЧЕТОВ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

В курсе органической химии рассматриваются те же типы задач, что и в курсе неорганической химии. Основное отличие состоит в том, что для вычислений необходимо правильно написать формулы органических соединений и уравнения реакций между ними.

Особенности химии органических соединений: номенклатура, изомерия, типы превращений, пути синтеза. Приступая к решению задач по органической химии, необходимо повторить основные положения теории химического строения органических соединений А. М. Бутлерова.

1. Атомы в молекулах органических веществ соединяются в определенной последовательности, согласно их валентности.
2. Свойства органических веществ зависят не только от качественного и количественного состава молекул, но и от химического строения.
3. Атомы, или группы атомов, в молекулах органических веществ взаимно влияют друг на друга, и это взаимное влияние определяет их физико-химические свойства.

Таким образом, строение молекул определяет их свойства, а изучение химических свойств дает возможность установить строение. Чрезвычайно важным является понятие изомерии. Необходимо различать структурную изомерию, обусловленную разным порядком соединения атомов в молекуле, и пространственную изомерию, обусловленную разным расположением атомов в пространстве. Важно хорошо понимать современные электронные представления в теории строения органических соединений, понятия о гибридизации орбиталей атома углерода ( $sp$ ,  $sp^2$  и  $sp^3$ -гибридизация), индуктивном и мезомерном электронных эффектах. Надо уметь применять эти представления для объяснения свойств соединений и механизмов химических реакций.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 87 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Кафедра  
химии

Кроме основных типов математических расчетов, применяемых в общей и неорганической химии, в органической химии можно еще выделить следующие типы задач.

1. Задачи на использование общих формул гомологических рядов органических соединений.
2. Задания с использованием номенклатуры органических соединений, составлением формул изомеров органических веществ.
3. Задания с использованием электронных представлений в органической химии.
4. Задания с использованием знаний о физических свойствах и качественных реакциях органических веществ.

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Определите молекулярную формулу вещества, если известно, что массовая доля углерода в нем равна 39,97 %, водорода – 6,73 %, кислорода – 53,3 %. Плотность паров этого вещества по углекислому газу равна 4,091.

#### Решение

Брутто-формула вещества будет иметь вид:  $C_xH_yO_z$ .

На основе закона постоянства состава вещества запишем:

$12x : 1y : 16z = 39,97 : 6,73 : 53,3$ ; где 12, 1, 16 – относительные атомные массы С, Н и О.

Отсюда  $x : y : z = 39,97/12 : 6,73/1 : 53,3/16 = 3,33 : 6,73 : 3,33$ .

Коэффициент должен быть целым числом, поэтому все полученные числа делим на наименьшее из них (в данном случае 3,33) и получаем:

$x : y : z = 1 : 2,02 : 1$ .

Простейшая формула вещества:  $CH_2O$ .

$M_r(CH_2O) = 30$ .

$D_{CO_2} = M_r(\text{в-ва})/M_r(CO_2)$ , тогда

Начало

Содержание



Страница 88 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



$$M_r(\text{в-ва}) = M_r(\text{CO}_2) \cdot D_{\text{CO}_2} = 44 \cdot 4,091 = 180.$$

$$M_r(\text{в-ва})/M_r(\text{CH}_2\text{O}) = 180/30 = 6.$$

Значит, индексы в истинной формуле будут в 6 раз больше, чем в простейшей формуле, т. е.  $x = 6$ ,  $y = 12$ ,  $z = 6$ .

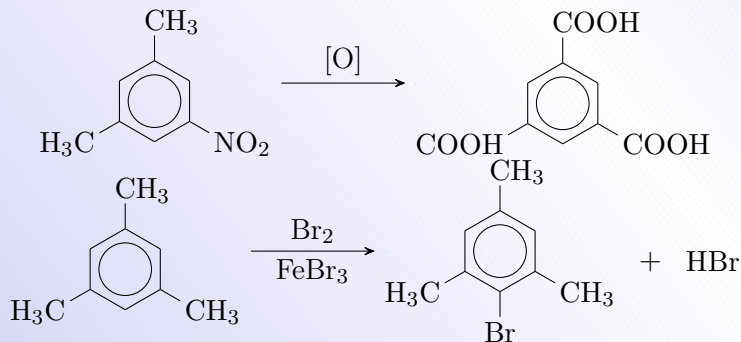
Формула вещества  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

Ответ:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

**Задача 2.** Определите строение ароматического углеводорода состава  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ , если известно, что при его окислении перманганатом калия образуется бензолтрикарбоновая кислота, а при бромировании в присутствии  $\text{FeBr}_3$  – только одно монобромпроизводное.

### Решение

Т. к. углеводород  $\text{C}_9\text{H}_{12}$  при окислении перманганатом калия образует трикарбоновую кислоту, то он должен иметь три метильные группы. По условию задачи, при бромировании образуется только одно монобромпроизводное. Следовательно, углеводород построен симметрично, это 1,3,5-триметилбензол. Схемы реакций:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 89 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

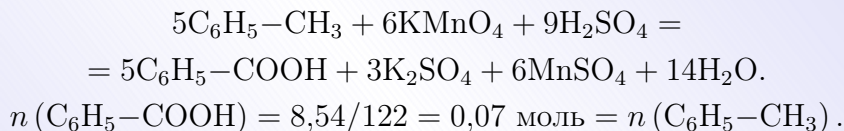


Кафедра  
химии

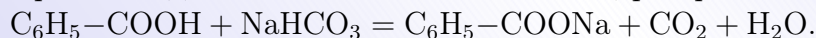
**Задача 3.** При окислении смеси бензола и толуола подкисленным раствором перманганата калия при нагревании получено 8,54 г одноосновной органической кислоты. При взаимодействии этой кислоты с избытком водного раствора гидрокарбоната натрия выделился газ, объем которого в 19 раз меньше объема такого же газа, полученного при полном сгорании исходной смеси углеводородов. Определите массы веществ в исходной смеси.

### Решение

Перманганатом калия окисляется только толуол, при этом образуется бензойная кислота:



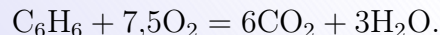
При взаимодействии бензойной кислоты с гидрокарбонатом натрия выделяется  $\text{CO}_2$ :



$$n(\text{CO}_2) = n(\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}) = 0,07 \text{ моль}.$$

При сгорании смеси углеводородов  $n(\text{CO}_2) = 0,07 \cdot 19 = 1,33$  моль.

Из этого количества при сгорании толуола по уравнению  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3 + 9\text{O}_2 = 7\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$  образуется  $0,07 \cdot 7 = 0,49$  моль  $\text{CO}_2$ . Остальные  $1,33$  моль  $- 0,49$  моль  $= 0,84$  моль  $\text{CO}_2$  образуются при сгорании бензола:



$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = 0,84 \text{ моль}/6 = 0,14 \text{ моль}.$$

Массы веществ в смеси равны:

$$\begin{aligned}m(\text{C}_6\text{H}_6) &= 0,14 \text{ г} \cdot 78 \text{ г} = 10,92 \text{ г}, \\ m(\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3) &= 0,07 \text{ моль} \cdot 92 \text{ г/моль} = 6,48 \text{ г}.\end{aligned}$$

Начало

Содержание



Страница 90 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

Ответ: 10,92 г бензола, 6,48 г толуола.

**Задача 4.** К 1,17 г смеси пропанола-1 и неизвестного альдегида добавили аммиачный раствор, содержащий 5,80 г оксида серебра, и слегка нагрели. Выпавший при этом осадок отфильтровали, а непрореагировавший оксид серебра перевели в хлорид серебра, масса которого оказалась равной 2,87 г. Определите строение взятого альдегида, если молярное отношение альдегида к спирту в исходной смеси равно 3 : 1.

### Решение

С оксидом серебра в аммиачном растворе реагирует только неизвестный альдегид:



Непрореагировавший  $Ag_2O$  перевели в  $AgCl$  действием избытка соляной кислоты:



$$n(AgCl) = 2,87 \text{ г} / 143,5 \text{ г/моль} = 0,02 \text{ моль.}$$

$$\text{Тогда } n(Ag_2O) = 0,02 \text{ моль} / 2 = 0,01 \text{ моль.}$$

$$\text{Всего } n(Ag_2O) = 5,8 \text{ моль} / 232 \text{ г/моль} = 0,025 \text{ моль.}$$

В реакцию с альдегидом вступило  $0,025 - 0,01 = 0,015$  моль  $Ag_2O$ .

$$n(RCH = O) = n(Ag_2O) = 0,015 \text{ моль.}$$

Пропанола-1 в смеси было в 3 раза меньше, чем альдегида по условию:

$$n(CH_3CH_2CH_2OH) = 0,015 \text{ моль} / 3 = 0,005 \text{ моль.}$$

$$m(\text{пропанола-1}) = 0,005 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 0,3 \text{ г,}$$

$$m(RCH = O) = 1,17 \text{ г} - 0,3 \text{ г} = 0,87 \text{ г.}$$

Находим молярную массу альдегида:

$M(RCH = O) = 0,87 \text{ моль} / 0,015 \text{ моль} = 58 \text{ г/моль}$ , что соответствует уксусному альдегиду  $CH_3 - CH = O$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 91 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

*Ответ:* уксусный альдегид,  $\text{CH}_3\text{—CH} = \text{O}$ .

**Задача 5.** Через 10 г смеси бензола, фенола и анилина пропустили ток сухого хлороводорода, при этом выпало 2,59 г осадка. Его отфильтровали, а фильтрат обработали водным раствором гидроксида натрия. Верхний органический слой отделили, его масса уменьшилась на 4,7 г. Определите массы веществ в исходной смеси.

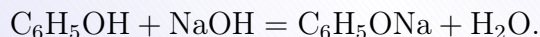
### Решение

При пропускании через смесь сухого хлороводорода выпадает осадок хлорида фениламмония, который нерастворим в органических растворителях:



$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}) = 2,59 \text{ г} / 129,5 \text{ г/моль} = 0,02 \text{ моль}$ ,  
следовательно,  $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}) = 0,02 \text{ моль}$ ,  
 $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,02 \text{ моль} \cdot 93 \text{ г/моль} = 1,86 \text{ г}$ .

Уменьшение массы органического слоя на 4,7 г произошло за счет реакции фенола с гидроксидом натрия:



Фенол перешел в водный раствор в виде фенолята натрия.

$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 4,7 \text{ г}$ ,  $m(\text{C}_6\text{H}_6) = 10 \text{ г} - 4,7 \text{ г} - 1,86 \text{ г} = 3,44 \text{ г}$ .

*Ответ:* 1,86 г анилина, 4,7 г фенола, 3,44 г бензола.

**Задача 6.** Вещество состава  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5\text{Cl}_2$  при гидролизе в водном растворе образует смесь пираноз А и Б, причем фрагменты А входят в состав целлюлозы. Напишите структурные формулы веществ А и Б, а также уравнения соответствующих реакций.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 92 из 251

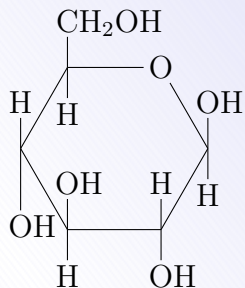
Назад

На весь экран

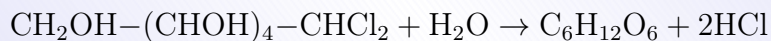
Закреть

## Решение

Фрагменты А входят в состав целлюлозы, следовательно, А – β-глюкоза (изображена в пиранозной форме, т. е. в форме 6-членного цикла):

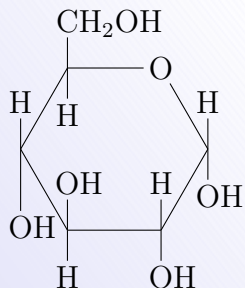


Смесь линейной формы глюкозы, α-глюкозы и β-глюкозы образуется при гидролизе следующего дихлорида:



(гидролиз дихлоридов – один из способов получения альдегидов).

Вещество Б – α-глюкоза в пиранозной форме:



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 93 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

## Тема 9. ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И РЕШЕНИЯ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ И ЗАДАЧ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

**Олимпиады** по химии нацелены на выявление и развитие у обучающихся творческих способностей и интереса к научной деятельности, создание условий для поддержки одаренных детей, пропаганду научных знаний. Олимпиады по химии направлены на творческое общение, получение новых знаний, фундаментализацию знаний по химии.

Классические олимпиады по химии – это очень интересные творческие соревнования. Но и они имеют известные ограничения и не лишены недостатков.

Основные цели олимпиады:

- а) повышение интереса учащихся к математике, физике и химии, активизация и дальнейшее развитие сети научно-технических кружков, клубов, обществ, лекториев и других видов работ во внеучебное время;
- б) содействие улучшению физико-математической и химической подготовки учащихся и качества преподавания математики, физики и химии в школе;
- в) подведение итогов работы кружков, лекториев и других видов работы с учащимися, интересующимися физикой, математикой;
- г) оказание помощи учащимся старших классов в выборе специальности, привлечение наиболее способных из них в ведущие математические, физические и химические вузы страны;
- д) выявление сильнейших учащихся.

Помимо основной цели олимпиад – повышение интереса учащихся к естественным наукам, в этом положении акцентировано внимание еще на двух аспектах: помощь в самоопределении учащихся и выявление наиболее способных.

Прежде всего, отметим большую роль спортивной составляющей в олимпиадах высшего уровня. Побеждает не тот, кто умнее или способен нетривиально мыслить,



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 94 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

а тот, кто за ограниченное время решит больше задач и наберет больше баллов. Профессиональный олимпиадник должен быть одинаково хорош во всех основных разделах химии и должен уметь выдать результат за короткое время. Медлительные ученики не добьются успеха, даже если очень красиво решат одну из задач. Все определяется суммой баллов – так происходит на высших этапах Республиканской олимпиады и на международных соревнованиях.

Второй недостаток, который, как и первый, является естественным свойством научных олимпиад: они развивают только один из видов одаренности – умение решать задачи, имеющие, как точно известно, ответ. А в науке кроме конкретных задач есть еще проблемы – вопросы, ответ на которые неизвестен и, возможно, вообще не существует. Есть еще умение задавать вопросы – оно также остается несколько в стороне от олимпиадных соревнований.

Еще один естественный недостаток химических олимпиад – ограниченные возможности экспериментального тура. Олимпиадный эксперимент – вещь очень дорогая, причем он требует больших затрат не только материальных, но и временных. Хорошо подготовленный эксперимент требует многократного тестирования с накоплением статистики – только после этого можно предлагать критерии оценки экспериментальных результатов. Поэтому экспериментальный тур имеется только на лучших олимпиадах.

И, наконец, некоторый кризис олимпиадного движения мы наблюдаем в связи с системой оценивания. Обязательное условие прозрачности и справедливости результатов требует довольно развернутой системы оценивания, а для этого приходится сложные вопросы дробить на более простые и тем самым, по сути, указывать школьникам логический путь к решению, т. е. фактически составлять «инструкцию по сборке», которую остается только аккуратно выполнить. Олимпиадные задачи становятся все длиннее и скучнее. Нередки задачи, которые содержат до 10 вопросов на финальном этапе. Все это связано с доминирующей ролью спортивной составляющей на сложных олимпиадах. Научные олимпиады высокого уровня – это «большой спорт», только бюджеты в нем на три порядка меньше спортивных.



## *Кафедра химии*

Начало

Содержание



Страница 95 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Однако олимпиадная жизнь не ограничивается классическими олимпиадами, в ней появляются новые и разнообразные виды интеллектуальных соревнований, которые лишены части указанных выше недостатков. Отметим прежде всего олимпиады по комплексу предметов – те, в которых школьники должны показать знания не только по химии, но и по смежным предметам – физике, биологии, математике. К таким относится, в первую очередь, олимпиада по нанотехнологиям, ее участники в обязательном порядке участвуют в турах по всем предметам. Интересно, что в этой олимпиаде задания разделены на два уровня сложности – простые задачи и задачи повышенной сложности. В последние годы появились очень интересные командные соревнования – химические турниры. От классических олимпиад этот турнир отличается двумя важными свойствами:

- 1) турнир – это не индивидуальное, а командное соревнование, команды включают от 4 до 6 человек, каждый из которых выполняет определенную роль;
- 2) команды решают не задачи, а проблемы, которые не имеют заранее известного решения, причем темы известны участникам заранее, поэтому у них есть время придумать и оформить решение, а на турнире надо его представить и защитить;
- 3) участие в таких соревнованиях дает школьникам значительно лучшее представление о реальной исследовательской деятельности по сравнению с олимпиадами.

Олимпиады по химии различного уровня (школьные, районные, областные, республиканские, международные) обычно состоят из двух этапов: теоретического и практического. Олимпиадные задачи теоретического тура обычно основаны на материале четырех разделов химии: неорганической, аналитической, физической и органической. Условия олимпиадных задач могут быть сформулированы по-разному: условие с вопросом или заданием в конце (при этом вопросов может быть несколько); тест с выбором ответа; задача, в которой текст условия прерывается вопросами (так зачастую строятся задачи на высоких уровнях олимпиады).

При подготовке учащихся к решению олимпиадных задач важную роль играют межпредметные связи. Знания по физике, биологии, математике применяются в раз-



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 96 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



личных областях химии. Интеграция математической составляющей в задании по химии, например, ни в коем случае не умаляет «химичности» задачи, а, наоборот, способствует расширению кругозора участников олимпиады, творческому развитию знаний. Такие межпредметные задачи усиливают химическую составляющую и показывают тесную взаимосвязь естественных наук. Олимпиадные задачи по химии можно разделить на три основные группы:

- расчетные (количественные);
- качественные;
- экспериментальные (для решения задач экспериментального тура требуется знание качественных реакций в неорганической и органической химии, навыки количественного весового и титриметрического анализа, а также знания физико-химических методов исследования).

Чаще всего олимпиадные задания включают в себя несколько типов расчетов, т. е. являются комбинированными. В задаче может быть избыток данных (тогда учащийся должен выбрать те данные, которые необходимы для ответа на поставленный в задаче вопрос), а может не хватать данных, тогда учащемуся необходимо показать умение пользоваться источниками справочной информации и извлекать необходимые для решения данные.

Таким образом, при подготовке учащихся к олимпиадам по химии необходимо иметь четкое представление о предлагаемых заданиях, их специфике. Учителю следует иметь представление о минимальном объеме химических понятий, которыми должен владеть школьник, участвующий в олимпиадах, и возможных стратегических путях решения этих задач.

### Примеры тестовых заданий олимпиадного уровня

#### Тестовые задания 2 этапа республиканской олимпиады по химии

9 класс

11 класс



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 97 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 98 из 251

Назад

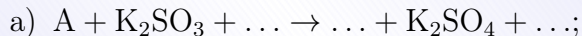
На весь экран

Закреть

## Примеры решения задач олимпиадного уровня

**Задача 1.** Элементы X и Y образуют соединения с кислородом состава  $X_2Y_2O_7$  (соединение А) и  $X_2YO_4$  (соединение В), массовая доля кислорода в которых равна 38,1 и 33,0 % соответственно.

1. Определите формулы соединений А и В.
2. Используя метод электронного баланса, составьте уравнения реакций:



Укажите окислитель и восстановитель.

3. Запишите уравнения взаимопревращений соединений А и В.

Отметьте цвет растворов.

### Решение

1. Определим молярные массы соединений А и В:

$$M(A) = 7 \cdot 16 / 0,381 = 294 \text{ г/моль};$$

$$M(B) = 4 \cdot 16 / 0,33 = 194 \text{ г/моль}.$$

Пусть  $M(X) = x$  г/моль, а  $M(Y) = y$  г/моль.

Составим систему уравнений:

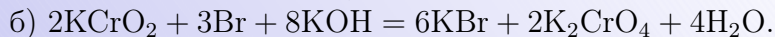
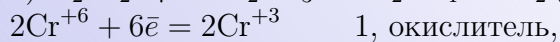
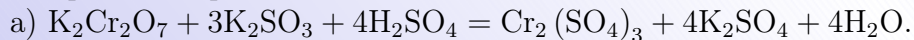
$$2x + 2y + 112 = 294;$$

$$2x + y + 64 = 194,$$

решая которую получаем:  $M(X) = 39$  г/моль, а  $M(Y) = 52$  г/моль.

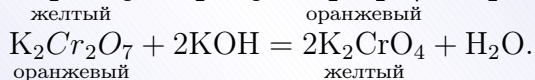
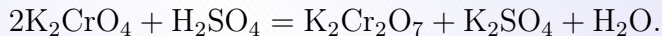
Таким образом, X – калий, Y – хром.

2. Уравнения реакций:





3. Уравнения взаимопревращений соединений А и В:



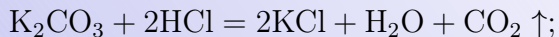
**Задача 2.** Карбид кремния представляет собой вещество, имеющее немолькулярное строение. Состав и свойства этого вещества могут сильно изменяться в зависимости от условий его получения. Для количественного анализа образца карбида кремния его навеску массой 0,4987 г смешали с избытком твердых гидроксида калия и нитрата калия и прокалили при высокой температуре. Полученный раствор обработали избытком соляной кислоты. При этом образовался белый студенистый осадок, который после старения отфильтровали и прокалили при высокой температуре. Масса полученного после прокаливания остатка оказалась равной 0,7272 г.

- Приведите уравнения химических реакций, которые протекали в ходе описанного в задаче анализа.
- Рассчитайте массовую долю кремния в исследованном образце карбида кремния.
- Приведите формулу исследованного образца карбида кремния.

**Решение.**

а) Рассмотрим суть превращений на примере фазы состава SiC.

Щелочная плавка с окислителем переводит неметаллы в соли кислородсодержащих кислот. Далее под действием соляной кислоты из солей вытесняются более слабые, а нерастворимая кремниевая – отделяется и разлагается до оксида. Поэтому протекали реакции:



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание

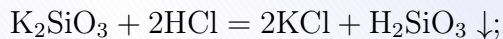


Страница 99 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



б) Твердый остаток, полученный после прокаливании, представляет собой  $\text{SiO}_2$ .

$$M(\text{SiO}_2) = 60,08 \text{ г/моль}.$$

$$\text{Получено } \frac{0,7272}{60,08} = 0,01210 \text{ моль } \text{SiO}_2.$$

Следовательно, в исходной навеске карбида кремния содержалось 0,01210 моль кремния.

$$M(\text{Si}) = 28,09 \text{ г/моль}.$$

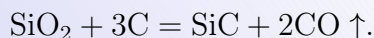
$$\text{Массовая доля кремния равна } \frac{0,01210 \cdot 28,09}{0,4987} = 0,6816, \text{ или } 68,16 \text{ \%}.$$

$$\text{в) } M(\text{C}) = 12,01 \text{ г/моль}.$$

$$N(\text{Si}) : n(\text{C}) = \frac{0,6816}{28,09} : \frac{1-0,6816}{12,01} = 0,02426 : 0,02651 = 1 : 1,093.$$

Формула исследованного образца карбида кремния –  $\text{SiC}_{1,093}$ .

г) В промышленности карбид кремния получают прокаливанием в электропечах при высокой температуре смеси кварцевого песка и кокса:



д) Карбид кремния обладает очень высокой твердостью. Благодаря этому свойству он широко используется как абразив для изготовления обрабатывающих инструментов. Кроме того,  $\text{SiC}$  находит применение как конструкционный материал.

**Задача 3.** При нагревании этановой кислоты до температуре кипения ( $t_{\text{кип}} = 117,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) она переходит в газообразное состояние, причем газовая фаза представляет собой смесь ее мономера и димера.

В предварительно вакуумированный сосуд объемом  $260 \text{ см}^3$  поместили навеску этановой кислоты массой  $0,512 \text{ г}$ . Сосуд нагрели до  $140 \text{ }^\circ\text{C}$  и выдержали при этой температуре до наступления равновесия. После этого в сосуде установилось давление  $106 \text{ кПа}$ .

а) *Приведите структурную формулу этановой кислоты и ее тривиальное название.*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 100 из 251

Назад

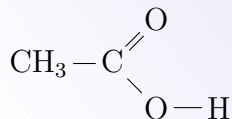
На весь экран

Заккрыть

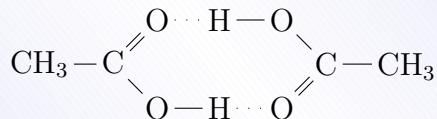
- б) Приведите структурную формулу димера этановой кислоты и кратко поясните, за счёт чего он образуется.
- в) Рассчитайте равновесную объёмную долю димера в сосуде при 140 °С.

**Решение.**

а) Этановая кислота более известна как уксусная. Ее структурная формула:



б) Структурная формула димера уксусной кислоты:



Димер образуется благодаря двум водородным связям.

в) В сосуде в равновесной газовой фазе находится

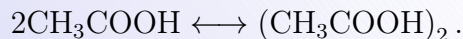
$$\frac{pV}{RT} = \frac{106 \cdot 260}{8,314 \cdot (273 + 140)} = 8,026 \text{ ммоль частиц (суммарно мономера и димера)}.$$

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60,05 \text{ г/моль}.$$

В начале эксперимента в сосуд поместили

$$\frac{0,512}{60,05} = 8,53 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 8,53 \text{ ммоль уксусной кислоты}.$$

В сосуде установилось равновесие:



Пусть  $x$  ммоль кислоты превратилось в димер. Тогда образуется  $\frac{x}{2}$  моль димера и в состоянии равновесия в сосуде будет содержаться  $(8,53 - x + \frac{x}{2})$  ммоль частиц.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 101 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Будет справедливым уравнение:  $(8,53 - x + \frac{x}{2}) = 8,026$ .

Решая его, получим  $x = 1,01$  ммоль.

Следовательно, в равновесной смеси содержится  $\frac{1,01}{2} = 0,505$  ммоль димера.

Мольная доля димера в смеси равна  $\frac{0,505}{8,026} = 0,0628$ , или 6,28 %. Объемная доля совпадает с мольной.

**Задача 4.** Газообразное при н. у. вещество  $X$  содержит 24,97 % углерода по массе и обесцвечивает бромную воду.

Для анализа  $X$  его навеску массой 1,244 г полностью сожгли в избытке кислорода, а продукты сгорания последовательно пропустили через колонки с оксидом фосфора (V) и гидроксидом калия. После окончания эксперимента масса первой колонки увеличилась на 0,9318 г, а второй – на 2,795 г.

- Установите молекулярную формулу вещества  $X$ .
- Приведите структурную формулу и название  $X$ . К какому классу соединений принадлежит  $X$ ?
- Вещество  $X$  и его ближайший гомолог используются в больших масштабах. Благодаря какому свойству и для чего используется  $X$ ?

**Решение.**

а) В колонке с оксидом фосфора (V) поглотилась вода.

Увеличение массы колонки равно массе поглощенной воды.

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$  г/моль.

При сгорании выделилось  $\frac{0,9318}{18,02} = 0,05171$  моль воды. Следовательно, в состав вещества входило  $2 \cdot 0,05171 = 0,10342$  моль атомов водорода.

В сожженной навеске содержалось  $1,244 \cdot \frac{24,97}{100}$  г, или  $\frac{0,31063}{12,01} = 25,864$  ммоль углерода.

Допустим, что в колонке с КОН поглотился только углекислый газ, и увеличение массы колонки равно массе поглощенного  $\text{CO}_2$ .



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 102 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

$$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ г/моль.}$$

При сгорании выделилось  $\frac{2,795}{44,01} = 63,51$  ммоль  $\text{CO}_2$ . Это больше, чем количество углерода (25,864 ммоль) в сожженной навеске. Следовательно, кроме  $\text{CO}_2$  образовалось что-то еще, что поглотилось  $\text{KOH}$  (а значит, имело кислую природу).

В состав вещества точно входили углерод и водород, могли входить кислород и еще какой-то элемент, дающий кислотный оксид при сгорании, причем эквивалент этого вещества больше, чем у углерода.

Попробуем установить формулу вещества исходя из его молярной массы.

Предположим, что в состав вещества входит 1 атом углерода. Тогда его относительная молекулярная масса равна  $\frac{12,01}{0,2497} = 48,10$ , а на остальные атомы, кроме углерода, приходится  $(48,10 - 12,01) = 36,09$  г/моль.

Соотношение атомов углерода и водорода по результатам сгорания равно:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 25,864 : 103,42 = 1 : 4.$$

Тогда на неизвестные атомы (кроме углерода и водорода) приходится  $(36,09 - 4 \cdot 1,008) = 32,06$  г/моль.

Если допустить, что в составе вещества имеется кислород, то его формула должна быть  $\text{CH}_4\text{O}_2$ . Но такой состав не удовлетворяет проведенным выше расчетам, поскольку в этом случае возникает нестыковка с привесом массы колонки с гидроксидом калия.

В то же время, указанной разности удовлетворяет состав  $\text{CH}_4\text{S}$ , при сгорании которого, кроме  $\text{CO}_2$ , будет образовываться  $\text{SO}_2$ , который поглощается в колонке с  $\text{KOH}$ .



Проверка массы продуктов подтверждает эту гипотезу.

б) Веществом такого состава является метилмеркаптан  $\text{CH}_3\text{SH}$ .

Это вещество принадлежит к классу тиоспиртов – серных аналогов обычных спиртов (атом кислорода в них заменен на атом серы).



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 103 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

в) Метилмеркаптан обладает очень сильным неприятным запахом.

Благодаря этому свойству он и находит свое широкое применение. В очень небольших количествах его добавляют к природному газу для обнаружения утечек в быту. При наличии утечки люди чувствуют очень сильный «запах газа». На самом деле это пахнет метилмеркаптан, поскольку сам природный газ (преимущественно, метан) запаха не имеет.

Вторым этапом подготовки учащихся к олимпиаде по химии обласного и республиканского уровня является химический эксперимент. Учащиеся-олимпийцы должны:

- владеть знаниями и умениями обращения с химической посудой;
- знать технику безопасности работы с химическими веществами;
- уметь планировать и проводить химический эксперимент: качественные реакции на неорганические и органические вещества, количественное определение веществ различными химическими методами; очистка веществ от примесей путем перекристаллизации, синтез веществ, анализ структуры и состава веществ с помощью физико-химических методов исследования.

Ниже приведены примеры заданий экспериментального тура олимпиады по химии.

### 11 класс

## **КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СМЕСИ КАРБОНАТА И ГИДРОКАРБОНАТА НАТРИЯ**

### **Оборудование и реактивы**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Пробирка с пробкой с образцом смеси                           | – 1 шт. |
| 2. Штатив лабораторный с лапкой                                  | – 1 шт. |
| 3. Бюретка (25–50 см <sup>3</sup> )                              | – 1 шт. |
| 4. Воронка (для заполнения бюретки)                              | – 1 шт. |
| 5. Колба плоскодонная (или стаканчик) (100–150 см <sup>3</sup> ) | – 3 шт. |



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 104 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть



- |   |          |
|---|----------|
| 6. Колба мерная с пробкой (100 см <sup>3</sup> )                    | – 1 шт.  |
| 7. Колба (бутылка) с 0,100 М HCl                                    | – 1 шт.  |
| 8. Пипетка мерная (10,00 см <sup>3</sup> )                          | – 1 шт.  |
| 9. Груша резиновая (для заполнения пипетки)                         | – 1 шт.  |
| 10. Промывалка с дистиллированной водой                             | – 1 шт.  |
| 11. Капельница с раствором фенолфталеина (1 на 2 участника)         | – 1 шт.  |
| 12. Капельница с раствором метилового оранжевого (1 на 2 участника) | – 1 шт.  |
| 13. Салфетки бумажные   | – 20 шт. |
| <b>Оборудование и реактивы общего пользования</b>                   |          |
| 14. Весы (не хуже ±0,01 г)  | – 2 шт.  |
| 15. Стаканчик стеклянный (на весах)                                 | – 2 шт.  |
| 16. Вода дистиллированная   |          |
| 17. Раковина с проточной водой                                      |          |

**В пробирке вам выдана смесь твердых карбоната и гидрокарбоната натрия. Вам необходимо провести количественный анализ смеси и установить массу каждого компонента в ней.**

Определение будет проводится методом титрования в присутствии различных индикаторов. Изменение окраски фенолфталеина (с малинового на бесцветную) происходит в момент, когда весь карбонат натрия превращается в гидрокарбонат натрия, а изменение окраски метилового оранжевого (с желтой на оранжевую) происходит в момент превращения всех солей в хлорид натрия.

### Методика эксперимента

#### 1. Приготовление раствора.

Взвесьте выданную пробирку с образцом смеси солей. Запишите массу в лист ответов.



***Кафедра  
химии***

Начало

Содержание



Страница 105 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Количественно перенесите в образец смеси солей их пробирки в стеклянный стакан (колбу), добавьте дистиллированной воды, тщательно перемешайте до полного растворения. Количественно перенесите полученный раствор в мерную колбу, доведите почти до метки дистиллированной водой. Закройте колбу пробкой и тщательно перемешайте, а затем доведите с помощью промывалки объем до метки, закройте пробкой и тщательно перемешайте.

Взвесьте на весах пустую пробирку без солей, запишите ее массу в лист ответов и рассчитайте массу выданного вам образца солей, запишите результат в лист ответов.

Заполните бюретку соляной кислотой.

## 2. Титрование с фенолфталеином.

Поместите аликвоту приготовленного в мерной колбе раствора объемом  $10,00 \text{ см}^3$  в коническую колбу для титрования. Добавьте 3–4 капли раствора фенолфталеина и оттитруйте соляной кислотой до обесцвечивания раствора. Запишите величину объема соляной кислоты, затраченного на титрование, в лист ответов.

## 3. Титрование с метиловым оранжевым

Поместите аликвоту приготовленного в мерной колбе раствора объемом  $5,00 \text{ см}^3$  в коническую колбу для титрования. Добавьте 3–4 капли раствора метилового оранжевого и оттитруйте соляной кислотой до появления оранжевой окраски. Запишите величину объема соляной кислоты, затраченного на титрование, в лист ответов.

Повторите определение (стадии 2 и 3) необходимое число раз.

Рассчитайте массы карбоната и гидрокарбоната натрия в выданном вам образце.

Ответьте на вопросы в листе ответов.

**Централизованное тестирование (ЦТ)** по химии содержит тестовый блок с открытыми ответами и задания, которые требуют записи своего ответа. Среди таких заданий особое место занимают задачи, содержащие математические расчеты различного уровня сложности. Каждый вариант ЦТ содержит простые задачи, в которых сочетаются 1–2 алгоритма действий, а также более сложные комплексные задачи,



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 106 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

которые предполагают применение 3–4 алгоритмов действий, а также владение более сложными математическими расчетами. В отличие от задач олимпиадного уровня, задания ЦТ основываются на знаниях школьной программы по химии.

Работа по подготовке к ЦТ должна быть направлена на овладение основными умениями и навыками в объеме, установленном программой по предмету за курс средней общеобразовательной школы каждым учащимся, так как тест (теоретические и расчетные задания) составляется в соответствии с образовательными стандартами. Эффективность подготовки к вступительным экзаменам, проводимым в форме централизованного тестирования, зависит от уровня владения учащимися материалом по учебному предмету, умения работать с тестовыми заданиями, от степени психологической подготовки, а всё вышеперечисленное – от профессионализма учителя.

С чего начинается профессиональное мастерство учителя? Что становится толчком к той внутренней работе, которая ведет к рождению нового приёма, варианта урока, технологии обучения, идеи? Какую роль в развитии педагога играет адаптация, самообразование, методическая учеба, курсовая подготовка, инновационная деятельность, аттестация?

Профессионализм, безусловно, зависит от многих факторов: мотивации учителя, содержания работы, интереса к делу, индивидуальных способностей, личностных качеств. Однако, целенаправленное, правильно организованное обучение в системе методической работы имеет в становлении педагога-профессионала немало важную роль.

### *Примеры решения задач централизованного тестирования*

**Задача 1.** К 40 дм<sup>3</sup> смеси, состоящей из этана и аммиака, добавили 15 дм<sup>3</sup> хлороводорода. После приведения новой газовой смеси к первоначальным условиям ее относительная плотность по воздуху составила 0,90. Укажите массовую долю (%) аммиака в исходной смеси. (Все объемы измеряли при  $T = 20^\circ\text{C}$ ,  $P = 10^5$  Па.)



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 107 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Решение

Смесь (1):  $C_2H_6$  и  $NH_3 + HCl \rightarrow$  Смесь (2):  $C_2H_6$  и  $NH_3$  или  $HCl$ .

$$M_{\text{смеси}(1)} = 0,9 \cdot 29 \text{ г/моль} = 26,1 \text{ г/моль}.$$

Если в избытке был хлороводород и смесь 2 состоит из этана и хлороводорода, то молярная масса такой смеси должна быть от 30 г/моль до 36,5 г/моль. В нашем случае она равна 26,1 г/моль, что отвечает условию: смесь состоит из этана и аммиака.

$C_2H_6$  и  $NH_3 \rightarrow$  смесь,

$$n(C_2H_6) = x \text{ (моль)},$$

$$n(NH_3) = (1 - x) \text{ (моль)},$$

$$m(C_2H_6) = 30x,$$

$$m(NH_3) = 17 - 17x \text{ (моль)}.$$

$$30x + 17 - 17x = 26,1,$$

$$13x = 9,1x = 0,7 \text{ (моль)}.$$

Т. к. в смеси (2) объемная доля этана = 70 %, то объемная доля аммиака составляет 30 %.

Весь хлороводород вступил в реакцию:  $HCl + NH_3 = NH_4Cl$ .

С 15  $dm^3$  хлороводорода прореагировало 15  $dm^3$  аммиака. Поэтому объем конечной смеси = 40 - 15 = 25 ( $dm^3$ ). В нем 30 % аммиака, что составляет 7,5  $dm^3$ . Следовательно, в исходной смеси объем аммиака:

$$V = 7,5 + 15 = 22,5 \text{ } dm^3.$$

Смесь 1: этан и аммиак:

$$V(\text{смеси}) = 17,5 + 22,5 = 40 \text{ (} dm^3 \text{)}.$$

$$n(\text{смеси}) = 40/22,4 = 1,78571 \text{ (моль)},$$

$$m(\text{смеси}) = 23,44 + 17,0765 = 40,5165 \text{ (г)}.$$

$$\omega(NH_3) = 17,0765 : 40,5165 = 0,42147, \text{ или } 42,147 \text{ } \%$$

Ответ:  $\omega(NH_3) = 42,147 \text{ } \%$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 108 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

# ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

## План-график проведения практических занятий

Номер занятия	Тема занятия	Средства обучения	Форма контроля знаний
1	Типы расчетных задач в химии	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
2	Методы решения и оформления задач по химии	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
3–4	Химическая стереохимия: основные законы химии	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
5	Решение задач на газовые смеси. Смеси веществ в кристаллическом состоянии и в растворах	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
6	Решение задач на химическую кинетику	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
7	Решение задач на химическое равновесие	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
8	Решение задач на химическую термодинамику	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 109 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

9	Решение задач на растворы	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
10	Решение задач на ионные равновесия в растворах электролитов	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
11	Решение задач на окислительно-восстановительные процессы	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
12	Решение задач на окислительно-восстановительные процессы: электрохимические процессы	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
13–14	Решение задач на основные классы неорганических веществ	Сборники задач по общей и неорганической химии	Устный опрос, решение задач
15–16	Основные типы расчетов в органической химии	Сборники задач по органической химии	Устный опрос, решение задач
17–18	Решение олимпиадных задач по химии	Сборники олимпиадных задач по химии	Устный опрос, решение задач
19	Решение задач централизованного тестирования по химии	Сборники централизованного тестирования по химии	Устный опрос, решение задач
<b>ИТОГО: 38 ч</b>			



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 110 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 1. Типы расчетных задач в химии

**Теоретический материал:** Классификация расчетных задач в химии, их особенности. Качественные и количественные химические задачи.

### **Контрольные вопросы**

1. Значение расчетных задач в освоении теоретических основ химических дисциплин.
2. Типы классификаций расчетных задач в химии.
3. Особенности качественных задач в химии.
4. Особенности количественных задач в химии.
5. Задачи, решаемые с использованием химической формулы вещества или на вывод формулы.
6. Задачи, для решения которых используют уравнение химической реакции.
7. Задачи, связанные с растворами веществ.
8. Система задач, ее отличительные признаки.
9. Этапы решения химических задач.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 111 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 2. Методы решения и оформления задач по химии

**Теоретический материал:** Основные алгоритмы решения задач. Требования к оформлению задач по химии.

### *Примерный образец оформления расчетных задач по химии*

При обработке 10,0 г Cu и Al концентрированной азотной кислотой при комнатной температуре выделилось 2,24 дм<sup>3</sup> (н. у.). Какой объем (н. у.) газа выделится при обработке такой же массы смеси избытком раствора KOH?

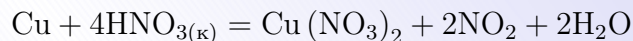
Дано:

M (смеси Cu и Al) = 10 г

V<sub>1</sub> = 2,24 дм<sup>3</sup>

V (H<sub>2</sub>) = ?

Решение:



Al + HNO<sub>3(к)</sub> = пассивирует при н. у.

$$n(\text{NO}_2) = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль},$$

$$n(\text{Cu}) = \frac{0,1 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 0,05 \text{ моль},$$

$$m(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль} \cdot 0,05 \text{ моль} = 3,2 \text{ г},$$

Cu + KOH<sub>(изб)</sub> = реакция не идет,



$$m(\text{Al}) = 10 \text{ г} - 3,2 \text{ г} = 6,8 \text{ г},$$

$$n(\text{Al}) = \frac{6,8 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль},$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{0,25 \text{ моль} \cdot 3 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 0,38 \text{ моль},$$

$$V(\text{H}_2) = 0,38 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 8,46 \text{ л}.$$

Ответ: 8,46 л.

### **Контрольные вопросы**

1. Основные алгоритмы решения расчетных задач в химии.
2. Анализ условия задач.
3. Требование к содержанию расчетных задач в химии.
4. Требования к оформлению задач по химии.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 112 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



## Занятия 3–4. Химическая стереохимия: **основные законы химии**

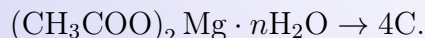
**Теоретический материал:** Вычисление относительной молекулярной массы вещества. Вычисление отношения масс атомов элементов в химическом соединении. Вычисление массовой доли (процентного содержания) элемента в химическом соединении. Вычисление массы определенного химического количества вещества. Вычисление объемов газообразных веществ, вступающих в химические реакции. Вычисление относительной плотности газов.

**Примеры решения задач по теме «Атомно-молекулярное учение. Основные понятия и законы химии»**

**Задача 1.** В некоторой порции кристаллогидрата ацетата магния находится  $9,632 \cdot 10^{23}$  атомов углерода и  $3,371 \cdot 10^{24}$  атомов водорода. Найдите число атомов кислорода в этой порции кристаллогидрата.

### Решение

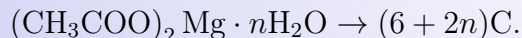
Составим схему соответствия для атомов углерода:



$$n(\text{C}) = (9,632 \cdot 10^{23}) / (6,02 \cdot 10^{23}) = 1,6 \text{ (моль)}.$$

$$n((\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Mg} \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{4}n(\text{C}) = 0,4 \text{ (моль)}.$$

Составим схему соответствия для атомов водорода:

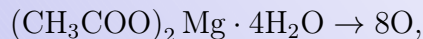


$$n(\text{H}) = (8,43 \cdot 10^{24}) / (6,02 \cdot 10^{23}) = 14 \text{ (моль)}.$$

$$6 + 2n = 14.$$

$$n = 4 \Rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Mg} \cdot 4\text{H}_2\text{O}.$$

Составим схему соответствия для атомов кислорода:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 113 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

$$n(\text{O}) = 8n(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg} \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 8 \cdot 0,4 \text{ моль} = 3,2 \text{ моль},$$
$$N(\text{O}) = 3,2 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 19,264 \cdot 10^{23}.$$

*Ответ:*  $N(\text{O}) = 19,264 \cdot 10^{23}$ .

**Задача 2.** Молярная масса соединения элемента азота с водородом равна 32 г/моль, а массовая доля атомов элемента азота в нем составляет 87,5 %. Определите молекулярную формулу вещества.

### Решение

$$\omega(\text{Э}) = \frac{n(\text{Э}) \cdot A_r(\text{Э})}{M_r(\text{в-ва})},$$

$$n(\text{Э}) = \frac{M_r(\text{в-ва}) \cdot \omega(\text{Э})}{A_r(\text{Э})},$$

$$n(\text{N}) = \frac{32 \cdot 0,875}{14} = 2,$$

$$n(\text{H}) = \frac{32 \cdot (1 - 0,875)}{1} = 4.$$

Молекулярная формула –  $\text{N}_2\text{H}_4$ .

*Ответ:*  $\text{N}_2\text{H}_4$ .

**Задача 3.** Имеется 4,00 г смеси  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_3\text{PO}_4$ , в которой массовая доля атомов фосфора равна 21,88 %. Определите массы веществ в исходной смеси.

### Решение

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = x \text{ (моль)},$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = n(\text{P}_2\text{O}_5) \cdot M(\text{P}_2\text{O}_5) = 142x \text{ (г)},$$

$$n(\text{K}_3\text{PO}_4) = y \text{ (моль)},$$

$$m(\text{K}_3\text{PO}_4) = n(\text{K}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{K}_3\text{PO}_4) = 212y \text{ (г)},$$

$$m(\text{смеси}) = 142x + 212y = 4 \text{ (г)},$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание

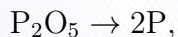


Страница 114 из 251

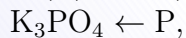
Назад

На весь экран

Закреть



$$n_1(\text{P}) = 2n(\text{P}_2\text{O}_5) = 2x \text{ (моль)},$$



$$n_2(\text{P}) = n(\text{K}_3\text{PO}_4) = y \text{ (моль)},$$

$$m_1(\text{P}) = n_1(\text{P}) \cdot M(\text{P}) = 2x \cdot 31 = 62x,$$

$$m_2(\text{P}) = n_2(\text{P}) \cdot M(\text{P}) = 31y,$$

$$m(\text{P}) \text{ (в смеси)} = 4 \cdot 0,2188 = 0,8752 \text{ (г)}.$$

$$62x + 31y = 0,8752 \text{ (г)}.$$

Составим систему уравнений и решим ее:

$$\begin{cases} 142x + 212y = 4, \\ 62x + 31y = 0,8752. \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,0282 - 1,4929y, \\ 1,7484 - 92,5598y + 31y = 0,8752. \end{cases}$$

$$0,8752 = 61,5598y,$$

$$y = 0,0142,$$

$$x = 0,007.$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 142 \text{ г/моль} \cdot 0,007 \text{ моль} = 0,994 \text{ г},$$

$$m(\text{K}_3\text{PO}_4) = 212 \text{ г/моль} \cdot 0,0142 \text{ моль} = 3,0104 \text{ г}.$$

*Ответ:*  $m(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,994 \text{ г}$ ,  $m(\text{K}_3\text{PO}_4) = 3,0104 \text{ г}$ .

**Задача 4.** Порция ионов состава  $\text{ЭO}_4^{3-}$  химическим количеством 0,1 моль содержит  $58,394 \cdot 10^{23}$  электронов и протонов в сумме. Установите элемент.

**Решение**

$$n = \frac{N}{N_A},$$

$$n(e^- + p^+) = \frac{58,394 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 9,7 \text{ моль}.$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 115 из 251

Назад

На весь экран

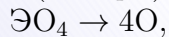
Закрыть

Найдем количество частиц в 1 моле  $\text{ЭO}_4^{3-}$ :

$$n(e^- + p^+) = 9,7/0,1 = 97 \text{ (моль)}.$$

Найдем количество частиц в  $\text{ЭO}_4^0$ :

$$n(e^- + p^+) = 97 - 3 = 94 \text{ (моль)}.$$



$$n(p^+) = 94/2 = 47 \text{ (моль)},$$

$$n(\text{O}) = 1 \text{ моль} \cdot 4 = 4 \text{ моль},$$

$$n(p^+ \text{ в O}) = 4 \text{ моль} \cdot 8 = 32 \text{ моль},$$

$$n(p^+) = 47 - 32 = 15 \text{ (моль)},$$

Э – Р (фосфор).

*Ответ:* элемент Р.

### *Задачи для самостоятельного решения*

1. Определите число молекул в указанных порциях веществ:

а) 3,25 моль  $\text{O}_2$ ;

в) 40 моль  $\text{NH}_3$ ;

б) 11,5 моль  $\text{H}_2$ ;

г) 0,0125 моль  $\text{H}_2\text{O}$ .

*Ответ*

2. Рассчитайте химическое количество в указанных порциях веществ:

а)  $3,92 \cdot 10^{23}$  молекул  $\text{O}_2$ ;

в)  $2,45 \cdot 10^{23}$  формульных единиц  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ;

б)  $14,7 \cdot 10^{24}$  атомов Ag;

г)  $17,34 \cdot 10^{24}$  молекул  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

*Ответ*

3. Рассчитайте число формульных единиц в указанных порциях веществ немольного строения:

а) 1,5 моль  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ;

в) 20 моль  $\text{SiO}_2$ ;

б) 3,8 моль  $\text{NaOH}$ ;

г) 5,6 моль  $\text{CaO}$ .

*Ответ*



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 116 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

4. Рассчитайте число атомов в указанных порциях веществ:

а) 0,15 моль He;

в) 1,5 моль Fe;

б) 0,25 моль Cu;

г) 3,8 моль K.

*Ответ*

5. Рассчитайте массу:

а) 2 моль SO<sub>2</sub> (в г);

в) 5,0 моль воздуха (в г);

б) 3,5 моль CH<sub>4</sub> (в кг);

г) 0,005 моль K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (в мг).

*Ответ*

6. Рассчитайте химическое количество для указанных порций веществ:

а) 5,6 дм<sup>3</sup> (н. у.) He;

в) 5,0 м<sup>3</sup> (н. у.) NH<sub>3</sub>;

б) 1,12 дм<sup>3</sup> (н. у.) SO<sub>2</sub>;

г) 300 см<sup>3</sup> (н. у.) HCl.

*Ответ*

7. Определите объемы (н. у.) указанных порций веществ:

а) 3,2 моль H<sub>2</sub>S (в дм<sup>3</sup>);

в) 300 моль O<sub>2</sub> (в м<sup>3</sup>);

б) 0,05 моль CH<sub>4</sub> (в см<sup>3</sup>);

г) 1,14 моль Ag (в дм<sup>3</sup>).

*Ответ*

8. Рассчитайте химическое количество для указанных порций веществ:

а) 140 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

в) 100 мг Cl<sub>2</sub>;

б) 210 т NaCl;

г) 18,9 г H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

*Ответ*



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 117 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

9. В какой массе (в г)  $\text{H}_2$  содержится столько же молекул, сколько их находится в следующих порциях веществ:

- а) 11 г  $\text{CO}_2$ ;    в) 36 см<sup>3</sup> жидкой воды;  
б) 5,6 дм<sup>3</sup> (н. у.)  $\text{O}_2$ ;                                г) 5 г аргона?

*Ответ*

10. Какова масса  $\text{CO}$ , занимающего такой же объем (н. у.), как и следующие порции веществ:

- а) 96 г  $\text{SO}_2$ ;    в)  $3,01 \cdot 10^{23}$  молекул  $\text{Cl}_2$ ;  
б) 1,8 г  $\text{CH}_4$ ;                                        г) 18 г жидкой воды?

*Ответ*

11. В каком объеме (дм<sup>3</sup>, н. у.)  $\text{CH}_4$  содержится столько же молекул, как и в следующих порциях веществ:

- а) 1,5 моль  $\text{NH}_3$ ;                                      в) 3,5 см<sup>3</sup>  $\text{C}_6\text{H}_6$  ( $\rho = 0,8$  г/см<sup>3</sup>);  
б) 9,8 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;                                      г) 1,5 дм<sup>3</sup> жидкой воды?

*Ответ*

12. Сколько молекул  $\text{NH}_3$  имеют такую же массу, как и следующие порции веществ:

- а)  $5,04 \cdot 10^{23}$  молекул  $\text{O}_2$ ;                        в) 0,2 моль  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;  
б) 6,72 дм<sup>3</sup> (н. у.)  $\text{N}_2$ ;                            г)  $3,01 \cdot 10^{24}$  атомов Fe?

*Ответ*

13. Масса молекулы серы равна  $4,25 \cdot 10^{-22}$  г. Рассчитайте:

- а) молярную массу серы;  
б) число атомов в молекуле серы.

*Ответ*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 118 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

14. Во сколько раз масса  $6,02 \cdot 10^{25}$  атомов меди больше массы порции кислорода объемом (н. у.)  $5,6 \text{ дм}^3$ ? *Ответ*
15. Какая масса  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и объем ( $\text{дм}^3$ , н. у.)  $\text{SO}_2$  образуются при обжиге  $1,2 \text{ г FeS}_2$ ? *Ответ*
16. Какое химическое количество Al необходимо взять для полного восстановления  $3,52 \text{ г}$  магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ? *Ответ*
17. Медь реагирует с  $\text{HNO}_3$  (разб). Какая масса (г)  $\text{HNO}_3$  потребуется и какой объем ( $\text{дм}^3$ , н. у.) NO выделится, если в реакцию вступает  $3,2 \text{ г}$  меди? *Ответ*
18. Какая масса железа (в г) может прореагировать с: а)  $3,65 \text{ г HCl}$ ; б)  $6,02 \cdot 10^{24}$  молекулами хлора? *Ответ*
19. Обжиг сульфида меди (II) в кислороде протекает с образованием  $\text{CuO}$  и  $\text{SO}_2$ . Какой объем кислорода ( $\text{дм}^3$ , н. у.) нужен для обжига  $19,2 \text{ г CuS}$  и продукты какой массы при этом образуются? *Ответ*
20. Какой суммарный объем газов ( $\text{дм}^3$ , н. у.) выделяется при полном термическом разложении  $4,26 \text{ г}$  нитрата алюминия? *Ответ*
21. Какой объем ( $\text{дм}^3$ , н. у.) азота нужен для взаимодействия с  $5,6 \text{ дм}^3$  (н. у.) водорода с образованием  $\text{NH}_3$ ? *Ответ*
22. Какой объем ( $\text{дм}^3$ , н. у.) кислорода потребуется для каталитического окисления  $11,4 \text{ дм}^3$  (н. у.)  $\text{NH}_3$ ? *Ответ*
23. Какой объем ( $\text{дм}^3$ , н. у.)  $\text{SO}_2$  можно окислить с помощью  $2,8 \text{ дм}^3$  (н. у.)  $\text{O}_2$  с образованием  $\text{SO}_3$ ? *Ответ*
24. Смешали растворы, содержащие  $10,00 \text{ г}$  хлорида натрия и  $20,00 \text{ г}$  нитрата серебра (I). а) Найдите массу осадка, б) определите, какой из реагентов и в каком химическом количестве остался после реакции. *Ответ*
25. Сульфат меди (II) массой  $35 \text{ г}$  реагирует с  $\text{KOH}$  массой  $22,4 \text{ г}$ . Найдите массу полученного гидроксида меди. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 119 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

26. Смешали растворы, содержащие 36,5 г HCl и 200 г нитрата серебра (I). Найдите массы веществ в сухом остатке после выпаривания раствора. *Ответ*
27. К раствору, содержащему 4,50 г хлорида кальция, прилили раствор, содержащий 4,10 г фосфата натрия. Найдите: а) массу полученного осадка, б) химическое количество не прореагировавшего реагента. *Ответ*
28. Алюминий массой 100 г сгорает в кислороде объемом (н. у.) 70 дм<sup>3</sup> кислорода. Какой из реагентов и в каком химическом количестве останется после реакции? *Ответ*
29. Сульфид цинка массой 30,0 г сгорает в кислороде объемом (н. у.) 18,0 дм<sup>3</sup> в закрытом сосуде. Найдите массы веществ в реакционном сосуде после окончания реакции. *Ответ*
30. Магнетит массой 5,00 г прокалили с алюминием массой 1,00 г. Найдите: а) массу полученного железа; б) массу непрореагировавшего реагента. *Ответ*
31. Найдите массу (в г) протонов в порции молекулярного фтора массой 38 г. *Ответ*
32. Образцы магния и кальция содержат одинаковое число протонов. Найдите отношение: а) массы образца магния к массе образца кальция; б) числа атомов магния к числу атомов кальция. *Ответ*
33. В образцах железа и кремния массы протонов одинаковы. Найдите отношение: а) числа атомов кремния к числу атомов железа; б) массы образца железа к массе образца кремния. *Ответ*
34. Образец металла химическим количеством 0,05 моль содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  электронов. Установите металл. *Ответ*
35. Порция ионов состава  $\text{ЭO}_4^{3-}$  химическим количеством 0,1 моль содержит  $58,394 \cdot 10^{23}$  электронов и протонов в сумме. Установите элемент. *Ответ*
36. Образец простого вещества  $\text{X}_2$  химическим количеством 0,2 моль содержит протоны и электроны общим количеством 5,6 моль. Установите элемент. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 120 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



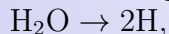
37. Газ массой 4,5 г содержит  $3,01 \cdot 10^{22}$  молекул. Найдите объем порции газа массой 100 г. *Ответ*
38. Газ объемом 1,12 дм<sup>3</sup> (н. у.) имеет массу 2,4 г. Найдите число молекул газа в его порции массой 22,4 г. *Ответ*
39. Масса молекулы газа равна  $2,06 \cdot 10^{-22}$  г. Рассчитайте объем (н. у.) порции газа массой 22,4 г. *Ответ*
40. Какое число атомов содержится в образце золота объемом 20 см<sup>3</sup>, если плотность золота равна 19,3 г/см<sup>3</sup>? *Ответ*
41. В смеси СО и СО<sub>2</sub> их объем относится соответственно как 8 : 3. Рассчитайте объем (н. у.) такой смеси массой 17,80 г. *Ответ*
42. В смеси N<sub>2</sub> и СН<sub>4</sub> их массы относятся соответственно как 1 : 2,5. Рассчитайте массу такой смеси объемом (н. у.) 24,08 дм<sup>3</sup>. *Ответ*

*Примеры решения типовых задач по теме «Нахождение формул веществ».*

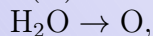
**Задача 1.** Установите молекулярную формулу азотсодержащего органического вещества, на полное сжигание которого затрачено 7,2 г кислорода; при этом получено 4,5 г Н<sub>2</sub>О, 5,6 дм<sup>3</sup> (н. у.) газовой смеси, объем которой при пропускании через избыток щелочи сократился до 1,12 дм<sup>3</sup>.

**Решение**

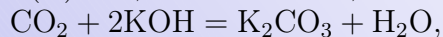
$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{4,5 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль.}$$



$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}),$$



$$n(\text{H}) = 0,25 \text{ моль} \cdot 2 = 0,5 \text{ моль.}$$



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 121 из 251

Назад

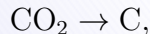
На весь экран

Закреть

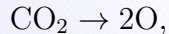


$$V(\text{CO}_2) = 5,6 \text{ дм}^3 - 1,12 \text{ дм}^3 = 4,48 \text{ дм}^3,$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{4,48 \text{ дм}^3}{2,24 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,2 \text{ моль},$$

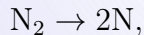


$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2),$$



$$n(\text{C}) = 0,2 \text{ моль}.$$

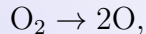
$$n(\text{N}_2) = \frac{1,12 \text{ дм}^3}{2,24 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,05 \text{ моль},$$



$$n(\text{N}) = 2n(\text{N}_2),$$

$$n(\text{N}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 2 = 0,1 \text{ моль}.$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{7,2 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,225 \text{ моль},$$



$$n(\text{O}) = 2 \cdot n(\text{O}_2),$$

$$n(\text{O}) = 0,225 \text{ моль} \cdot 2 = 0,45 \text{ моль},$$

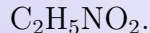
$$n(\text{O})_{\text{после р-ции}} = 0,25 \text{ моль} + 0,4 \text{ моль} = 0,65 \text{ моль},$$

$$n(\text{O})_{\text{в ув}} = 0,65 \text{ моль} - 0,45 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}.$$

Формула вещества может быть представлена в виде  $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z\text{O}_k$ .

$$x : y : z : k = 0,2 : 0,5 : 0,1 : 0,2 = \frac{0,2}{0,1} : \frac{0,5}{0,1} : \frac{0,1}{0,1} : \frac{0,2}{0,1},$$

$$x : y : z : k = 2 : 5 : 1 : 2,$$



*Ответ:* искомая формула  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ .

**Задача 2.** Для сжигания  $500 \text{ см}^3$  газа необходимо  $2,5 \text{ дм}^3$  кислорода. При сжигании получили  $1,5 \text{ дм}^3 \text{ CO}_2$ ,  $2 \text{ дм}^3$  водяных паров. Установите молекулярную формулу вещества.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 122 из 251

Назад

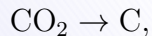
На весь экран

Заккрыть

## Решение

$$n(\text{CO}_2) = \frac{1,5 \text{ дм}^3}{2,24 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,067 \text{ моль.}$$

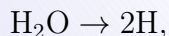
Согласно схеме:



$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,067 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{2 \text{ дм}^3}{2,24 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,089 \text{ моль.}$$

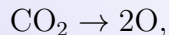
Согласно схеме:



$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 0,178 \text{ моль.}$$

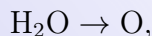
$$n(\text{O}_2)_{\text{прор}} = \frac{2,5 \text{ дм}^3}{2,24 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,112 \text{ моль.}$$

Согласно схеме:



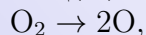
$$n(\text{O}) = 2 \cdot n(\text{CO}_2) = 0,134 \text{ моль.}$$

Согласно схеме:



$$n(\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) = 0,089 \text{ моль,}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{O}) = 0,134 + 0,089 = 0,223 \text{ моль,}$$



$$n(\text{O}) = 0,112 \cdot 2 = 0,224 \text{ моль} - \text{количество кислорода после реакции равно коли-}$$

честву кислорода, которое понадобилось на сжигание вещества, поэтому вещество

$\text{C}_x\text{H}_y$  – общая формула вещества.

$$x : y = 0,067 : 0,179,$$

$$x : y = 1 : 2,67,$$

$$x : y = 3 : 8,$$

Формула  $\text{C}_3\text{H}_8$ .

Ответ: искомая формула  $\text{C}_3\text{H}_8$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 123 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

### Задачи для самостоятельного решения

1. Массовые доли атомов (%) в гидроксиде железа равны: 62,2 (железо); 35,6 (кислород); 2,2 (водород). Какова эмпирическая формула гидроксида? *Ответ*
2. При взаимодействии 6,2 г фосфора с кислородом получено 14,2 г его оксида. Найдите простейшую (эмпирическую) формулу оксида. *Ответ*
3. При сжигании 10,0 г металла получено 18,9 г оксида металла (III). Установите металл и объем кислорода (дм<sup>3</sup>, н. у.), затраченный на сжигание. *Ответ*
4. В результате обжига на воздухе 8,0 г сульфида молибдена получили 7,2 г оксида Mo (IV). Установите формулу исходного сульфида. *Ответ*
5. Элемент образует с кислородом два оксида состава ЭО и Э<sub>2</sub>О<sub>3</sub>, причем массовая доля атомов элемента во втором оксиде в 1,111 раза меньше, чем в первом. Установите элемент. *Ответ*
6. К раствору объемом 300 см<sup>3</sup> ( $\rho = 1,05$  г/см<sup>3</sup>), содержащему 0,06 моль гидроксида Me(OH)<sub>2</sub>, добавили 5 г этого же вещества; при этом его массовая доля стала равной 3,85 %. Установите металл. *Ответ*
7. Массовая доля воды в кристаллогидрате Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·n(H<sub>2</sub>O) равна 0,223. Какова формула кристаллогидрата. *Ответ*
8. В некоторой порции кристаллогидрата ацетата бария находится  $4,816 \cdot 10^{23}$  атомов углерода и  $8,428 \cdot 10^{23}$  атомов кислорода. Найдите число атомов водорода в этой порции кристаллогидрата ацетата бария. *Ответ*
9. Дигидрат ацетата металла ПА группы химическим количеством 0,250 моль содержит  $1,535 \cdot 10^{25}$  электронов. Установите металл. *Ответ*
10. В составе 0,05 моль Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · xH<sub>2</sub>O содержится  $4,214 \cdot 10^{23}$  атомов кислорода. Установите формулу кристаллогидрата. *Ответ*
11. В составе кристаллогидрата Mn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · xH<sub>2</sub>O массовая доля атомов O в 8 раз больше массовой доли атомов N. Рассчитайте химическое количество воды в составе формульной единицы кристаллогидрата. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 124 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

12. Порция  $\text{CuCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  химическим количеством 0,015 моль содержит во всех атомах 1,245 моль электронов. Установите формулу кристаллогидрата. *Ответ*
13. В кристаллогидрате состава  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$   $\omega(\text{O})$  в 1,457 раза больше, чем в безводном сульфате натрия. Установите формулу кристаллогидрата. *Ответ*
14. Образец вещества состава  $\text{K}_x\text{O}_y$  массой 8,52 г содержит  $7,224 \cdot 10^{22}$  атомов К. Установите формулу вещества. *Ответ*
15. В состав вещества X массой 32,8 г входят атомы Na, P и O. Причем  $m(\text{Na}) = 13,8$  г, а  $m(\text{P}) = 6,2$  г. Установите формулу вещества X. *Ответ*



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 125 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 5. Решение задач на газовые смеси. Смеси веществ в кристаллическом состоянии и в растворах

**Теоретический материал.** Вычисление плотности газовых смесей. Вычисление относительной плотности одного газа (или смеси газов) по другому газу. Нахождение количества газов в смеси, их молярные, объемные и массовые доли.

Расчеты массовой доли каждого компонента кристаллических веществ (или веществ в растворе) в смеси по уравнениям химических реакций.

### Контрольные вопросы

1. **Закон Авогадро**, два следствия из закона Авогадро.
2. Молярные и объемные доли газов в смеси.
3. Массовые доли газов в их смеси.
4. **Молярная масса газовой смеси.**
5. Плотность газовой смеси.
6. **Относительная плотность одного газа по другому.**

### Примеры решения типовых задач по теме «Газы и их смеси»

**Задача 1.** Газовая смесь, состоящая из  $F_2$  и He, имеет плотность  $0,9375 \text{ г/дм}^3$ . Определите объем гелия в такой смеси массой  $9,2 \text{ г}$ .

### Решение

Найдем молярную массу смеси:

$$M(\text{смеси}) = \rho \cdot V_m = 0,9375 \text{ г/дм}^3 \cdot 22,4 \text{ моль/дм}^3 = 21 \text{ г/моль.}$$

$$n(\text{смеси}) = \frac{m(\text{смеси})}{M(\text{смеси})} = \frac{9,2 \text{ г}}{21 \text{ г/моль}} = 0,438 \text{ моль.}$$

Пусть  $n(\text{He}) = x$  моль, тогда  $m(\text{He}) = 4x$ ;

$$n(F_2) = 0,438 - x \text{ моль, тогда } m(F_2) = 16,64 - 38x.$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 126 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

$$m(\text{смеси}) = m(\text{He}) + m(\text{F}_2).$$

$$4x + 38(0,438 - x) = 9,2,$$

$$4x + 16,64 - 38x = 9,2,$$

$$34x = 7,444,$$

$$x = 0,22, n(\text{He}) = 0,22 \text{ моль}.$$

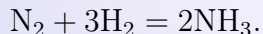
$$V(\text{He}) = n \cdot V_m,$$

$$V(\text{He}) = 0,22 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ моль/дм}^3 = 4,9 \text{ дм}^3.$$

*Ответ:*  $V(\text{He}) = 4,9 \text{ дм}^3$ .

**Задача 2.** Газовая смесь, предназначенная для синтеза аммиака, имеет относительную плотность по водороду 8,8. Определите объемные доли  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2$  в смеси.

### Решение



$$D_{\text{теор}\text{H}_2} = \frac{M(\text{смеси})}{M(\text{H}_2)}.$$

$$M(\text{смеси}) = D_{\text{H}_2} M(\text{H}_2),$$

$$M(\text{смеси}) = 8,8 \cdot 2 \text{ г/моль} = 17,6 \text{ г/моль},$$

$$n(\text{смеси}) = 1 \text{ моль},$$

$$m(\text{смеси}) = 1 \text{ моль} \cdot 17,6 \text{ г/моль} = 17,6 \text{ г}.$$

$$n(\text{N}_2) = x \text{ моль, тогда } m(\text{N}_2) = 28x \text{ г}.$$

$$n(\text{H}_2) = 1 - x \text{ моль, тогда } m(\text{H}_2) = 2 - 2x \text{ г}.$$

$$28x + 2 - 2x = 17,6,$$

$$26x = 15,6,$$

$$x = 0,6.$$

$$n(\text{N}_2) = 0,6 \text{ моль},$$

$$n(\text{H}_2) = 0,4 \text{ моль},$$

$$\varphi(\text{N}_2) = 0,6/1 = 0,6, \text{ или } 60 \%,$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 127 из 251

Назад

На весь экран

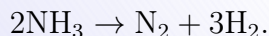
Закреть

$$\varphi(\text{H}_2) = 0,4/1 = 0,4, \text{ или } 40 \%$$

Ответ:  $\varphi(\text{N}_2) = 0,6$ , или 60 %;  $\varphi(\text{H}_2) = 0,4$ , или 40 %.

**Задача 3.** При нагревании аммиака 25 % его первоначального объема распалось на простые вещества. Найдите объемные доли газов конечной смеси.

### Решение



$$n(\text{NH}_3) = 1 \text{ моль.}$$

$$n(\text{NH}_3)_{\text{прореаг}} = 0,25 \text{ моль,}$$

$$n(\text{NH}_3)_{\text{ост}} = 0,75 \text{ моль.}$$

$$n(\text{N}_2) = 0,5 \cdot n(\text{NH}_3) = 0,5 \cdot 0,25 \text{ моль} = 0,125 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{3}{2} \cdot n(\text{NH}_3) = \frac{3}{2} \cdot 0,25 \text{ моль} = 0,375 \text{ моль.}$$

$$\varphi = \frac{n(\text{вещества})}{n(\text{раствора})} \cdot 100 \%$$

$$n(\text{раствора}) = 0,75 + 0,125 + 0,375 = 1,25 \text{ моль.}$$

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{0,125 \text{ моль}}{1,25 \text{ моль}} \cdot 100 \% = 10 \%,$$

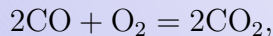
$$\varphi(\text{H}_2) = \frac{0,375 \text{ моль}}{1,25 \text{ моль}} \cdot 100 \% = 30 \%,$$

$$\varphi(\text{NH}_3) = \frac{0,75 \text{ моль}}{1,25 \text{ моль}} \cdot 100 \% = 60 \%.$$

Ответ: 10 %, 30 %, 60 %.

**Задача 4.** Смешали 50 см<sup>3</sup> смеси CO и CO<sub>2</sub> с 50 см<sup>3</sup> кислорода, смесь взорвали. После этого объем составил 90 см<sup>3</sup> (н. у.). Найдите объемную долю CO<sub>2</sub> в исходной смеси.

### Решение:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 128 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть



$$n(\text{CO}) = x \text{ моль,}$$

$$n(\text{O}_2) = 0,5x \text{ моль,}$$

$$n(\text{CO}_2) = x \text{ моль.}$$

В смеси  $x$  мл CO и  $(50 - x)$  мл CO<sub>2</sub>.

$$x + 50 - 0,5 \cdot x + 50 - x = 90,$$

$$0,5x = 10, x = 20 \text{ см}^3,$$

$$n(\text{CO}) = 20 \text{ см}^3,$$

$$V(\text{CO}_2) = V(\text{смеси}) - V(\text{CO}) = 50 \text{ см}^3 - 20 \text{ см}^3 = 30 \text{ см}^3,$$

$$\varphi = \frac{V(\text{вещества})}{V(\text{раствора})} \cdot 100$$

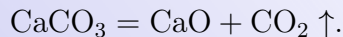
$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{30 \text{ см}^3}{50 \text{ см}^3} \cdot 100 \% = 60 \%.$$

*Ответ:* 60 %.

*Примеры решения типовых задач по теме «Смеси веществ в растворах и кристаллическом состоянии»*

**Задача 1.** При термическом разложении 25 г CaCO<sub>3</sub> получено 17,3 г твердого остатка. Определите степень разложения соли и массы веществ в твердом остатке.

### Решение



$$m(\text{CaCO}_3)_{\text{не разл.}} = x \text{ г,}$$

$$m(\text{CaCO}_3)_{\text{разл.}} = (25 - x) \text{ г,}$$

$$m(\text{CaO}) = (17,3 - x).$$

Составим пропорцию по уравнению реакции:

$$\frac{25-x}{100} = \frac{17,3-x}{56}$$

$$x = 7,5$$

$$m(\text{CaCO}_3)_{\text{не разл.}} = 7,5 \text{ г,}$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 129 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

$$25 \text{ г (CaCO}_3) - 100 \%,$$

$$7,5 \text{ г} - x,$$

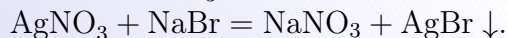
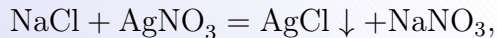
$$x = 30 \%,$$

$$\omega_{\text{разл.}} = 100 \% - 30 \% = 70 \%.$$

Ответ: 70 %.

**Задача 2.** Определите  $\omega(\text{NaCl})$  в смеси с  $\text{NaBr}$ , если при обработке раствора этой смеси раствором  $\text{AgNO}_3$  масса выпавшего в реакцию осадка стала равной массе нитрата серебра в растворе.

### Решение



Пусть  $m(\text{AgNO}_3) = 100 \text{ г}$ .

Пусть  $n(\text{AgCl}) = x$  моль.

Пусть  $n(\text{AgBr}) = y$  моль.

$$\begin{cases} 170x + 170y = 100, \\ 143,5 + 188y = 100. \end{cases}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,6, \\ 143,5 + 188y = 100. \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0,288, \\ y = 0,312. \end{cases}$$

$$n(\text{AgCl}) = 0,288 \text{ моль},$$

$$n(\text{AgBr}) = 0,312 \text{ моль},$$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{AgCl}) = 0,288 \text{ моль},$$

$$n(\text{NaBr}) = n(\text{AgBr}) = 0,312 \text{ моль},$$

$$m(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ г/моль} \cdot 0,288 \text{ моль} = 16,848 \text{ г},$$

$$m(\text{NaBr}) = 103 \text{ г/моль} \cdot 0,312 \text{ моль} = 32,136 \text{ г},$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 130 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{16,848 \text{ г}}{48,984 \text{ г}} = 34,3 \%$$

Ответ: 34,3 %.

### Задачи для самостоятельного решения

1. При обработке смеси карбоната и гидрокарбоната натрия избытком серной кислоты получено 5,68 г соли и 1,12 дм<sup>3</sup> (н. у.) газа. Найдите  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  в смеси. *Ответ*
2. Смесь гидридов натрия и калия массой 7,6 г полностью растворяется в воде с выделением 5,6 дм<sup>3</sup> (н. у.) водорода. Определите массы гидридов в смеси. *Ответ*
3. На полное хлорирование 3 г смеси железа и меди нужно 1,12 дм<sup>3</sup> (н. у.) хлора. Найдите массовые доли металлов в смеси. *Ответ*
4. Масса твердого остатка после полного восстановления 1,52 г CuO и FeO водородом составила 1,2 г. Найдите массовую долю FeO в смеси. *Ответ*
5. Смесь хлорида и иодида калия нагрели при температуре 300 °С, получили 2,61 г твердого остатка. Найдите массу иодида в исходной смеси. *Ответ*
6. После длительного прокаливания 11 г смеси нитратов калия и натрия масса твердого остатка стала на 1,92 г меньше массы исходной смеси. Найдите массу нитрата калия в исходной смеси. *Ответ*
7. Смесь порошка Al и его нитрата массой 85,8 г прокалили на воздухе до постоянной массы и получили 91,8 г твердого продукта. Найдите массовые доли веществ в исходной смеси. *Ответ*
8. При длительном прокаливании смеси гидроксидов магния и меди (II) потеря массы составила 20 % от исходной. Найдите  $\omega(\text{Mg}(\text{OH})_2)$  в смеси. *Ответ*
9. Смесь цинка и его нитрата прокалили на воздухе до постоянной массы, при этом масса твердого остатка оказалась равной массе исходной смеси. Найдите массовую долю простого вещества цинка в исходной смеси. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 131 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

10. Смесь равных по массе Zn и  $\text{CaCO}_3$  обработали избытком соляной кислоты. Найдите плотность полученной смеси газов, равную отношению суммарной массы газов к их суммарному объему. *Ответ*
11. При прокаливании до постоянной массы 24 г смеси сульфата, нитрата и гидрокарбоната натрия получили  $2,24 \text{ дм}^3$  газа (н. у.). После пропускания этого газа через избыток известковой воды выпало 5 г осадка. Определите химические количества веществ в исходной смеси. *Ответ*
12. Смесь бромида и иодида калия массой 2,85 г растворили в воде и через полученный раствор пропустили избыток хлора. Затем раствор упарили и к сухому остатку добавили избыток раствора  $\text{AgNO}_3$ , выпал осадок массой 2,87 г. Найдите массовую долю бромида калия в исходной смеси. *Ответ*
13. Имеется 20 г раствора, в котором суммарная массовая доля хлорида и бромида натрия равна 22 %. После пропускания избытка хлора через этот раствор, выпаривания раствора и прокалывания остатка до постоянной массы получили 3,51 г сухого остатка. Найдите массовые доли солей в исходном растворе. *Ответ*
14. При добавлении к 40 г раствора, содержащего серную и азотную кислоты, избытка хлорида бария получено 9,32 г осадка. Для нейтрализации оставшегося раствора нужно  $24 \text{ см}^3$  раствора  $\text{NaOH}$  ( $\omega = 18 \%$ ,  $\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$ ). Найдите массовую доли кислот в исходном растворе. *Ответ*
15. При взаимодействии соляной кислоты со смесью магния и карбоната магния получено  $11,2 \text{ дм}^3$  газа (н. у.). После сжигания газа и конденсации водяных паров объем газа уменьшился до  $4,48 \text{ дм}^3$  (н. у.). Определите массовую долю карбоната магния в смеси. *Ответ*
16. К водному раствору объемом  $20 \text{ см}^3$ , содержащему смесь  $\text{HBr}$  и  $\text{HCl}$ , добавили избыток карбоната натрия и получили  $67,2 \text{ см}^3$  (н. у.) газа. При действии на тот же объем смеси раствора натрия серебра (I) выпало 0,948 г осадка. Найдите химическое количество  $\text{HCl}$  и  $\text{HBr}$  в  $1 \text{ дм}^3$  исходной смеси. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 132 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Кафедра  
химии

17. Для полного растворения 7,42 г смеси магнетита и оксида цинка нужно 43,8 г раствора с  $\omega(\text{HCl}) = 20\%$ . Какой объем водорода (н. у.) необходим для полного восстановления исходной смеси? *Ответ*
18. Смесь железа, магнетита и оксида кремния (IV) массой 10,0 г реагирует без остатка с 66,4 см<sup>3</sup> раствора  $\omega(\text{HCl}) = 12,5\%$  ( $\rho = 1,00$  г/см<sup>3</sup>), при этом выделилось 0,56 дм<sup>3</sup> газа (н. у.) Найдите массы веществ в исходной смеси. *Ответ*
19. Порошок Al некоторое время нагревали на воздухе, после чего его масса выросла на 32%. Какова массовая доля оксида алюминия в порошке после нагревания? *Ответ*
20. Прокалили до постоянной массы 18,36 г смеси нитратов K, Ag (I) и Cu (II). Объем выделенных газов (н. у.) составил 4,032 дм<sup>3</sup>. Твердый остаток обрабатывали водой, после чего его масса уменьшилась на 3,4 г. Найдите массовые доли солей в исходной смеси. *Ответ*
21. На взаимодействие с 80 г раствора  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  понадобилось 50 г раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Выпавший осадок отделили. При обработке его соляной кислотой выделилось 2,24 дм<sup>3</sup> (н. у.) газа. Каковы массовые доли солей в исходных растворах? Какова массовая доля  $\text{NaNO}_3$  в растворе после отделения осадка? *Ответ*
22. Смесь карбонатов калия и магния массой 3,05 г прокалили при температуре, достаточной для полного разложения солей. Выделившийся газ пропустили через стеклянную трубку, наполненную гидроксидом калия, масса которого при этом выросла на 1,42 г. Определите массовые доли (%) карбонатов в навеске. *Ответ*
23. Газ (н. у.), выделившийся при нагревании 5,22 г смеси хлорида натрия и дигидрата хлорида меди (II) с избытком концентрированной серной кислоты, поглощен 17,7 см<sup>3</sup> раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 20\%$  ( $\rho = 1,13$  г/см<sup>3</sup>). Образовавшийся раствор может быть полностью нейтрализован 15 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты с молярной концентрацией 0,67 моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите массовые доли солей в исходной смеси и объем выделившегося газа (н. у.). *Ответ*

Начало

Содержание



Страница 133 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Кафедра  
химии

24. Имеется смесь  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , в которой на 1 атом водорода приходится 9 атомов кислорода. Какой объем  $\text{CO}_2$  (н. у.) выделится при действии на 14,8 г этой смеси избытка серной кислоты при нагревании? *Ответ*
25. При нагревании гидрокарбоната натрия массой 42,00 г масса твердого остатка составила 34,25 г. Какой объем газа (н. у.) выделится при обработке этого твердого остатка избытком соляной кислоты? *Ответ*
26. Сплав  $\text{Cu}$  ( $\rho = 8,92 \text{ г/см}^3$ ) и  $\text{Ag}$  ( $\rho = 10,5 \text{ г/см}^3$ ) общей массой 20,9 г имеет объем 2133  $\text{см}^3$ . Укажите  $\omega(\text{Ag})$  в сплаве. *Ответ*
27. В результате сжигания навески сплава  $\text{Mg}$  и  $\text{Zn}$  в избытке  $\text{O}_2$  образуется смесь продуктов массой вдвое меньшей, чем масса смеси продуктов, образующихся при сжигании такой же навески сплава в избытке хлора. Найдите  $\omega(\text{Mg})$  в сплаве. *Ответ*
28. При нагревании смеси  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  до постоянной массы при температуре  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  выделяется газ, объем которого составляет 80 % от объема газа, выделяющегося при действии избытка соляной кислоты на полученный твердый остаток. Найдите отношение  $n(\text{NaHCO}_3) / n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  в исходной смеси. *Ответ*
29. Смесь  $\text{KNO}_3$  и  $\text{KClO}_3$  нагрели до постоянной массы. В конечной смеси  $\omega(\text{K}) = 50 \%$ , а масса смеси при нагревании уменьшилась на 11,2 г. Рассчитайте массу  $\text{KClO}_3$  в исходной смеси. *Ответ*
30. Водный раствор  $\text{K}_3\text{PO}_4$  содержит 0,15 моль ионов  $\text{K}^+$  и 12,2 моль атомов  $\text{O}$ . Рассчитайте  $\omega(\text{K}_3\text{PO}_4)$  в этом растворе. *Ответ*

Начало

Содержание



Страница 134 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

## Занятие 6. Решение задач на химическую кинетику

**Теоретический материал.** Вычисление скорости простых химических реакций на основании закона действующих масс. Вычисление скорости реакции при различной температуре на основании правила Вант-Гоффа.

### Контрольные вопросы

1. Гомогенные и гетерогенные реакции.
2. Скорость гомогенных и гетерогенных реакций.
3. Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ: закон действующих масс.
4. Зависимость скорости химической реакции от температуры: правило Вант-Гоффа.

### Примеры решения типовых задач по теме

**Задача 1.** Как изменится скорость прямой реакции  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ , если объем газовой смеси уменьшить в 3 раза?

### Решение

Если предположить, что начальные концентрации азота и водорода ( $c_0$ ) соответственно составляют ( $a$ ) моль/л и ( $b$ ) моль/л, то кинетическое уравнение для определения скорости прямой реакции будет таким:

$$v_0 = k \cdot c_0(\text{N}_2) \cdot c_0^3(\text{H}_2) = k \cdot a \cdot b^3.$$

Уменьшение объема газовой смеси в 3 раза приведет к повышению давления в системе, а значит и концентрации реагентов также в 3 раза:  $c_1(\text{N}_2) = 3a$  моль/л, а  $c_1(\text{H}_2) = 3b$  моль/л. Кинетическое уравнение:

$$v_1 = k \cdot c_1(\text{N}_2) \cdot c_1^3(\text{H}_2) = k \cdot 3a \cdot (3b)^3 = k \cdot 81 \cdot a \cdot b^3.$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 135 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Для того чтобы рассчитать, во сколько раз скорость прямой реакции изменилась, поделим выражение для скорости после уменьшения объема смеси на выражение для начальной скорости:

$$v_0/v_1 = k \cdot a \cdot b^3 / k \cdot 27 \cdot a \cdot b^3 = 81.$$

*Ответ:* скорость прямой реакции увеличится в 81 раз.

**Задача 2.** При гидролизе сахарозы в 2,5 дм<sup>3</sup> ее водного раствора за 10 мин образовалась глюкоза массой 54 г. Определить среднюю скорость реакции гидролиза сахарозы.

### Решение

Скорость химической реакции ( $v$ ) находится по формуле:

$v = \Delta c / \Delta t$ , где  $c$  – молярная концентрация;  $t$  – время.

$n(\text{глюкозы}) = 54 \text{ г} / 180 \text{ г/моль} = 0,3 \text{ моль}$ .

$\Delta c(\text{глюкозы}) = 0,3 \text{ моль} / 2,5 \text{ дм}^3 = 0,12 \text{ моль/дм}^3$ .

$\Delta t = 10 \text{ мин} = 10 \cdot 60 \text{ с} = 600 \text{ с}$ .

$v = 0,12 \text{ моль/дм}^3 / 600 \text{ с} = 0,0002 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3 \cdot \text{с}$ .

*Ответ:*  $v(\text{скорость реакции гидролиза}) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3 \cdot \text{с}$ .

### Задачи для самостоятельного решения

1. Определите среднюю скорость химической реакции  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ , если через 80 с после начала реакции молярная концентрация воды была 0,24 моль/дм<sup>3</sup>, а через 2 мин 07 с после начала реакции – 0,28 моль/дм<sup>3</sup>. *Ответ*
2. Через 5 с после начала реакции  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$  молярная концентрация NO снизилась на 0,2 моль/дм<sup>3</sup>. Определите среднюю скорость образования NO<sub>2</sub> (моль/дм<sup>3</sup>·с). *Ответ*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 136 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть





Кафедра  
химии

3. В сосуде объемом  $2 \text{ дм}^3$  протекает реакция:  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ . Через 2 с после начала реакции химическое количество  $\text{CO}_2$  увеличилось на 0,1 моль. Определите среднюю скорость образования  $\text{CO}_2$ . *Ответ*
4. В сосуде объемом  $2 \text{ дм}^3$  протекает реакция  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ . Через 2 с после начала реакции образовалось 1,7 г  $\text{NH}_3$ . Определите среднюю скорость образования аммиака. *Ответ*
5. Средняя скорость образования  $\text{SO}_2$  в реакции между простыми веществами равна  $0,01 \text{ моль/дм}^3 \cdot \text{с}$ . Определите химическое количество образовавшегося  $\text{SO}_2$  в сосуде объемом  $2 \text{ дм}^3$  через 5 с после начала реакции. *Ответ*
6. При повышении температуры на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  скорость реакции возрастает в 2 раза. Как увеличится скорость реакции при повышении температуры с  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ ? *Ответ*
7. Для реакции  $\gamma = 4$ . Как изменится ее скорость при повышении температуры на  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ? *Ответ*
8. Для некоторой реакции температурный коэффициент ( $\gamma$ ) равен 3. На сколько градусов надо повысить температуру, чтобы увеличить скорость реакции в 81 раз? *Ответ*
9. Температурный коэффициент реакции ( $\gamma$ ) равен 2. При  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  реакция протекает за две минуты. Определите время протекания реакции для: а)  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ; б)  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . *Ответ*
10. Скорость некоторой реакции увеличивается в 2,5 раза при повышении температуры на  $10^\circ$ . Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры от  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ? *Ответ*
11. При  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  реакция протекает за 24 мин, а при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  за 4 мин. Найдите значение температурного коэффициента ( $\gamma$ ) для этой реакции. *Ответ*
12. Константа скорости некоторой реакции при  $273 \text{ }^\circ\text{K}$  и при  $298 \text{ }^\circ\text{K}$  соответственно равна 1,17 и 6,56 ( $\text{дм}^3/\text{моль} \cdot \text{с}$ ). Найдите температурный коэффициент ( $\gamma$ ) этой реакции. *Ответ*

Начало

Содержание



Страница 137 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

13. При понижении температуры на  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  скорость реакции уменьшилась в 16 раз. Вычислите значение температурного коэффициента ( $\gamma$ ) для этой реакции. *Ответ*
14. Образец железа при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  растворяется в серной кислоте за 15 мин, а при  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  – за 6 мин. За какое время данный образец железа растворится в серной кислоте при  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? *Ответ*
15. При температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  скорость некоторой реакции равна  $3,6 \cdot 10^{-2}$  моль/ $\text{дм}^3 \cdot \text{с}$ ). При какой температуре следует проводить эту реакцию, чтобы ее скорость стала равной  $9 \cdot 10^{-3}$  моль/ $\text{дм}^3 \cdot \text{с}$ ? Температурный коэффициент ( $\gamma$ ) реакции равен 2. *Ответ*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 138 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 7. Решение задач на химическое равновесие

**Теоретический материал.** Вычисление исходных и равновесных концентраций веществ в обратимых реакциях, расчет константы химического равновесия. Принципы смещения химического равновесия на основе правила Ле Шателье. Решение качественных химических задач на смещение химического равновесия.

### Контрольные вопросы

1. Состояние химического равновесия.
2. Равновесные концентрации веществ, константа равновесия.
3. Смещение химического равновесия: принцип Ле Шателье.
4. Факторы, влияющие на смещение равновесия в обратимых системах.
5. Равновесие в газовых системах.

### Примеры решения типовых задач на химическое равновесие

**Задача 1.** Для реакции  $\text{CO}_{2(\text{газ})} + \text{H}_{2(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{CO}_{(\text{газ})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})}$  константа равновесия равна 1. Исходные концентрации веществ составили:  $C_0(\text{CO}_2) = 0,2$  моль/л;  $C_0(\text{H}_2) = 0,8$  моль/л. Рассчитать, при каких концентрациях всех четырех веществ установилось равновесие.

### Решение

Обозначим концентрации  $C(\text{CO}_2)$  и  $C(\text{H}_2)$ , вступивших в реакцию, через  $x$ , т. е.

$$C(\text{CO}_2)_{\text{прореаг.}} = C(\text{H}_2)_{\text{прореаг.}} = x \text{ моль/л.}$$

$$\text{Тогда } C(\text{CO}_2)_{\text{равн.}} = C_0(\text{CO}_2) - C(\text{CO}_2)_{\text{прореаг.}} = 0,2 - x;$$

$$C(\text{H}_2)_{\text{равн.}} = C_0(\text{H}_2) - C(\text{H}_2)_{\text{прореаг.}} = 0,8 - x.$$

Из уравнения реакции видно, что  $[\text{H}_2\text{O}] = [\text{CO}] = x$  моль.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 139 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

Выражение для константы равновесия имеет вид:

$$K_c = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]} = \frac{x \cdot x}{(0,2 - x) \cdot (0,8 - x)} = 1.$$

$$x^2 = 0,16 - 0,2x - 0,8x + x^2,$$

$$x = 0,16.$$

Равновесные концентрации всех веществ равны:

$$[\text{CO}_2]_{\text{равн.}} = 0,2 - 0,16 = 0,04 \text{ (моль/л);}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{равн.}} = 0,8 - 0,16 = 0,64 \text{ (моль/л);}$$

$$[\text{CO}]_{\text{равн.}} = [\text{H}_2\text{O}]_{\text{равн.}} = 0,16 \text{ (моль/л).}$$

*Ответ:* 0,04 моль/л, 0,64 моль/л, 0,16 моль/л, 0,16 моль/л.

**Задача 2.** В системе  $\text{A (г)} + 2\text{B (г)} \rightarrow \text{C (г)}$  равновесие концентрации равны:  
 $[\text{A}] = 0,6$  моль/л,  $[\text{B}] = 1,2$  моль/л,  $[\text{C}] = 2,16$  моль/л.

Найдите константу равновесия реакции и исходные концентрации веществ А и В.

### Решение

$$K_p = [\text{C}] / ([\text{A}] \cdot [\text{B}^2]) = 2,16 / (0,6 \cdot 1,2^2) = 2,5.$$

Из уравнения видно, что 1 моль вещества А образует 1 моль вещества С, значит, 2,16 моля образуется на 2,16 моль А.

$$[\text{A}_{\text{исх}}] = 0,6 + 2,16 = 2,76 \text{ (моль/л).}$$

$$[\text{B}_{\text{прор.}}] = 2 \cdot 2,16 = 4,32 \text{ (моль/л).}$$

$$[\text{B}_{\text{исх}}] = 1,2 + 4,32 = 5,52 \text{ (моль/л).}$$

*Ответ:* 2,5; 2,76; 5,52.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 140 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

### Задачи для самостоятельного решения

1. Реакция протекает по уравнению:  $4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$ . Через некоторое время после начала реакции молярные концентрации веществ (моль/дм<sup>3</sup>) стали равны 0,25 (HCl); 0,20 (O<sub>2</sub>); 0,10 (Cl<sub>2</sub>). Найдите исходные концентрации HCl и O<sub>2</sub>. *Ответ*
2. Исходные молярные концентрации N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub> равны соответственно 5 моль/дм<sup>3</sup> и 6 моль/дм<sup>3</sup>. Найдите их равновесные молярные концентрации (моль/дм<sup>3</sup>) в реакции синтеза аммиака, если равновесная молярная концентрация аммиака равна 3 моль/дм<sup>3</sup>. *Ответ*
3. При равновесии в системе  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$  равновесные молярные концентрации (моль/дм<sup>3</sup>) равны. Найдите исходные молярные концентрации NO и O<sub>2</sub>, считая, что начальная концентрация NO<sub>2</sub> равна нулю. *Ответ*
4. Некоторые химические количества N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub> смешали в сосуде в присутствии катализатора и нагрели до установления равновесия. Определите исходные химические количества N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>, если равновесная смесь содержала 0,6 моль N<sub>2</sub>; 1,8 моль H<sub>2</sub> и 0,8 моль NH<sub>3</sub>. *Ответ*
5. Оксид азота (IV) нагревали при некоторой температуре, при этом часть его разложилась на NO и O<sub>2</sub> и установилось химическое равновесие. Определите объемные доли веществ в равновесной смеси, если ее относительная плотность по воздуху 1,269. *Ответ*
6. В системе установилось равновесие  $2\text{CO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{CO}_2$ . Химические количества CO, O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> в системе равны 1, 2 и 3 моль соответственно. Определите исходные химические количества CO и O<sub>2</sub>. *Ответ*
7. В сосуде смешали 4,4 г CO<sub>2</sub> и 0,4 г H<sub>2</sub>. Смесь нагревали, в системе установилось равновесие:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ . К моменту наступления равновесия прореагировало 25 % водорода. Определите выход CO. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 141 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

8. В сосуде смешали 25,4 г иода и 0,4 г водорода. В системе установилось равновесие:  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$ . К моменту наступления равновесия прореагировало 40 % водорода. Определите выход HI. *Ответ*
9. В замкнутый сосуд поместили 2 моль иода и 4 моль водорода. Определите массовую долю HI в смеси, когда в реакцию вступит 25 % водорода. *Ответ*
10. Обратимая реакция протекает по уравнению  $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ . В момент равновесия концентрации веществ были:  $[\text{NO}] = 0,04$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[\text{O}_2] = 0,20$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[\text{NO}_2] = 0,16$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите исходные концентрации оксида азота (II) и кислорода. *Ответ*
11. Найти значение константы скорости реакции  $\text{A} + \text{B} = \text{AB}$ , если при концентрациях веществ A и B, равных соответственно 0,05 и 0,01 моль/дм<sup>3</sup>, скорость реакции равна  $5 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>·мин. *Ответ*
12. Через некоторое время после начала реакции  $3\text{A} + \text{B} = 2\text{C} + \text{D}$  концентрации веществ составляли:  $[\text{A}] = 0,03$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{B}] = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{C}] = 0,008$  моль/дм<sup>3</sup>. Каковы исходные концентрации веществ A и B? *Ответ*
13. Реакция между веществами A и B выражается уравнением:  $\text{A} + 2\text{B} = \text{C}$ . Начальные концентрации составляют:  $[\text{A}]_0 = 0,03$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[\text{B}]_0 = 0,05$  моль/дм<sup>3</sup>. Константа скорости реакции равна 0,4. Найдите начальную скорость реакции и скорость реакции по истечении некоторого времени, когда концентрация вещества A уменьшится на 0,01 моль/дм<sup>3</sup>. *Ответ*
14. Константа равновесия реакции  $\text{A} (\text{г}) + \text{B} (\text{г}) = \text{C} (\text{г}) + \text{D} (\text{г})$  равна единице. Сколько процентов вещества A подвергнется превращению, если смешать 3 моля вещества A и 5 молей вещества B? *Ответ*
15. После смешивания газов A и B в системе  $\text{A} (\text{г}) + \text{B} (\text{г}) = \text{C} (\text{г}) + \text{D} (\text{г})$  устанавливается равновесие при следующих концентрациях:  $[\text{B}] = 0,05$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{C}] = 0,02$  моль/дм<sup>3</sup>. Константа равновесия реакции равна  $4 \cdot 10^{-2}$ . Найти исходные концентрации веществ A и B. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 142 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Кафедра  
химии

16. Найти константу равновесия реакции  $\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$ , если начальная концентрация  $\text{N}_2\text{O}_4$  составляла  $0,08$  моль/дм<sup>3</sup>, а к моменту наступления равновесия распалось  $50\%$   $\text{N}_2\text{O}_4$ . *Ответ*
17. В замкнутом сосуде протекает реакция  $\text{AB}(\text{г}) = \text{A}(\text{г}) + \text{B}(\text{г})$ . Константа равновесия реакции равна  $0,04$ , а равновесная концентрация вещества В составляет  $0,02$  моль/дм<sup>3</sup>. Найти начальную концентрацию вещества АВ. Сколько процентов вещества АВ разложилось? *Ответ*
18. Константа равновесия реакции  $\text{A} + \text{B} = \text{C} + \text{D}$  равна единице. Начальная концентрация  $[\text{A}]_0 = 0,02$  моль/дм<sup>3</sup>. Сколько процентов вещества А подвергается превращению, если начальные концентрации  $[\text{B}]_0$  равны  $0,02$ ,  $0,1$  и  $0,2$  моль/дм<sup>3</sup>? *Ответ*
19. Если объем закрытого реакционного сосуда, в котором установилось равновесие  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г})$ , уменьшить в 2 раза, то: а) скорости прямой и обратной реакций останутся одинаковыми; б) скорость прямой реакции станет в 2 раза больше скорости обратной реакции; в) равновесие не сместится; г) равновесие сместится вправо; д) равновесие сместится влево? *Ответ*
20. Какие воздействия на систему  $4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{Cl}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$  приведут к смещению равновесия влево: а) увеличение концентрации  $\text{O}_2$ ; б) увеличение концентрации  $\text{Cl}_2$ ; в) повышение давления; г) возрастание объема реакционного сосуда? *Ответ*

Начало

Содержание



Страница 143 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

## Занятие 8. Решение задач на химическую термодинамику

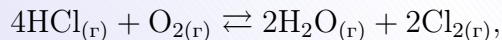
**Теоретический материал.** Вычисление теплового эффекта химической реакции по значениям тепловых эффектов других реакций. Вычисление теплового эффекта химических реакций по следствию из закона Гесса с использованием стандартных энтальпий сложных веществ. Вычисление изменения энтропии в ходе химической реакции. Оценка знака изменения энтропии в ходе химических реакций с участием газообразных веществ. Определение самопроизвольности протекания химических реакций на основании расчета изменения энергии Гиббса.

### Контрольные вопросы

1. Тепловой эффект химической реакции.
2. Экзо- и эндотермические реакции.
3. **Энтальпия, энтропия, энергия Гиббса**, внутренняя энергия.
4. **Закон Гесса**.
5. **Следствие из закон Гесса**.

### Примеры решения задач

**Задача 1.** При какой температуре наступает равновесие системы



если тепловой эффект реакции:

$$\Delta H^0 = -114,4 \text{ кДж},$$

$$S_{298}^0 (\text{H}_2\text{O}) = 188,8 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К}),$$

$$S_{298}^0 (\text{HCl}) = 186,7 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К}),$$

$$S_{298}^0 (\text{O}_2) = 205 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К}),$$

$$S_{298}^0 (\text{Cl}_2) = 223 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К}).$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 144 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Зависимостью  $\Delta H^0$  и  $\Delta S^0$  от температуры пренебречь.

### Решение

В состоянии химического равновесия  $\Delta G = 0$ .

Т. к.  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0$ ,  $\Delta H = T\Delta S$ , отсюда

$$T = \Delta H / \Delta S.$$

Рассчитаем  $\Delta S^0$  для этой реакции:

$$\Delta S^0 = 2S_{298}^0(\text{H}_2\text{O}) + 2S_{298}^0(\text{Cl}_2) - 4S_{298}^0(\text{HCl}) - S_{298}^0(\text{O}_2);$$

$$\Delta_r S^0 = 2 \cdot 188,8 + 2 \cdot 223 - 4 \cdot 186,7 - 205 = -128,2 \text{ (Дж/К)} = -0,128 \text{ (кДж/К)}.$$

$$T = -114,4 / -0,128 = 891 \text{ (К)}.$$

*Ответ:* 891 К.

**Задача 2.** Найти тепловой эффект реакции  $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

### Решение

По таблице находим стандартные энтальпии образования веществ:

$$\Delta_f H_{298}^0(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = -3442,2 \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta_f H_{298}^0(\text{SO}_3) = -396,1 \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta_f H_{298}^0(\text{Al}_2\text{O}_3) = -1676,0 \text{ кДж/моль}.$$

Используя следствие из закона Гесса, запишем выражение для стандартного изменения энтальпии этой реакции:

$$\Delta H_{298}^0 = \Delta_f H_{298}^0(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) - (\Delta_f H_{298}^0(\text{Al}_2\text{O}_3) + 3 \cdot \Delta_f H_{298}^0(\text{SO}_3));$$

$$\Delta H_{298}^0 = -3442,2 - (-1676 - 3 \cdot 396,1) = -577,9 \text{ кДж}.$$

$\Delta H^0 < 0$ , реакция экзотермическая.

*Ответ:* -577,9 кДж.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 145 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

**Задача 3.** Определите количество теплоты, необходимое для получения 1 кг извести по реакции:  $\text{CaCO}_{3(\text{тв})} = \text{CaO}_{(\text{тв})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$ , если энтальпии образования карбоната кальция, оксида кальция и углекислого газа соответственно равны:  $-1207,0$ ;  $-635,0$ ;  $-393,5$  (кДж/моль).

### Решение

По следствию из закона Гесса:

$$\Delta H_{298}^0 = \Delta_f H_{298}^0(\text{CaO}) + \Delta_f H_{298}^0(\text{CO}_2) - \Delta_f H_{298}^0(\text{CaCO}_3);$$

$$\Delta H^0 = -635,5 - 393,5 + 1207,0 = 178,0 \text{ кДж/моль.}$$

Следовательно, для получения 1 моль извести (исходя из уравнения реакции) необходимо 178,0 кДж теплоты. По условию задачи нужно получить 1 кг ( $10^3$  г) извести, что составляет:

$$n = m/M = 10^3/56 = 17,9 \text{ (моль).}$$

Для получения 1 моль CaO необходимо 178,0 кДж теплоты,

а для получения 17,9 моль извести –  $x$  кДж.

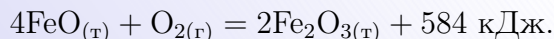
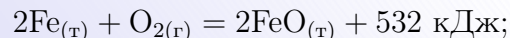
$$x = 178,0 \cdot 17,9 = 3186 \text{ (кДж).}$$

Таким образом, для получения 1 кг извести необходимо затратить 3186 кДж теплоты.

*Ответ:* 3186 кДж.

### Задачи для самостоятельного решения

1. По термохимическим уравнениям рассчитайте стандартную энтальпию образования оксида железа (III) из простых веществ:



*Ответ*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 146 из 251

Назад

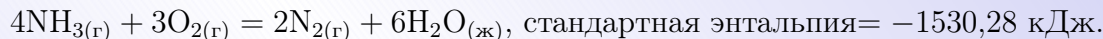
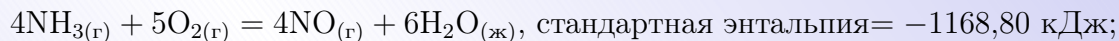
На весь экран

Закреть



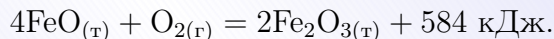
Кафедра  
химии

2. Вычислите энергию связи HF, если стандартная энтальпия реакции  $\text{H}_2 + \text{F}_2 = 2\text{HF}$  равна  $-536$  кДж,  $E_{\text{H-H}} = 436$  кДж/моль;  $E_{\text{F-F}} = 159$  кДж/моль. *Ответ*
3. Вычислите стандартную энтальпию образования NO из простых веществ, исходя из следующих термохимических уравнений:



*Ответ*

4. По термохимическому уравнению рассчитайте стандартную энтальпию образования реагента:



*Ответ*

5. Рассчитайте тепловой эффект реакции ( $\Delta H$  р-ции) при гашении 100 кг извести (CaO) водой, если теплоты образования оксида кальция, воды и гидроксида кальция соответственно равны  $-635,1$ ;  $-285,84$  и  $-986,2$  кДж/моль. *Ответ*
6. Сожжены равные объемы водорода и ацетилена, взятые при одинаковых условиях. В каком из этих процессов выделилось больше теплоты и во сколько раз? *Ответ*
7. Рассчитайте теплоту растворения кристаллогидрата сульфита натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), если теплота растворения безводного сульфита натрия равна  $11,34$  кДж/моль, а теплота образования кристаллогидрата этой соли (теплота гидратации) равна  $58,4$  кДж/моль. *Ответ*
8. При растворении 16 г карбида кальция ( $\text{CaC}_2$ ) в воде выделяется  $31,3$  кДж теплоты. Рассчитайте теплоту образования гидроксида кальция ( $\Delta H^0 \text{Ca}(\text{OH})_2$ ), если теплоты образования ( $\Delta H^0$ ) воды, карбида кальция, ацетилена ( $\text{C}_2\text{H}_2$ )

Начало

Содержание



Страница 147 из 251

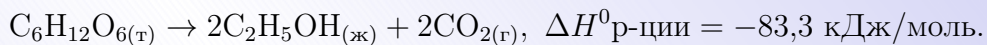
Назад

На весь экран

Закреть

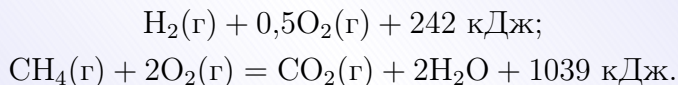
соответственно равны  $-285,84$ ;  $-62,7$ ;  $226,75$  кДж/моль. Составьте термохимическое уравнение реакции. *Ответ*

9. Рассчитайте стандартную теплоту сгорания этилового спирта, исходя из реакции биохимического брожения глюкозы:



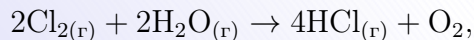
Теплоты сгорания ( $\Delta H^0_{\text{сгор.}}$ ) глюкозы, спирта и углекислого газа равны соответственно:  $-2817,1$ ;  $-1366,9$  и  $0$  кДж/моль. *Ответ*

10. Вычислите теплоту образования оксида углерода (II), если известно, что теплота образования оксида углерода (IV)  $393,5$  кДж, а теплота сгорания оксида углерода (II)  $284,7$  кДж. *Ответ*
11. Даны два термохимических уравнения реакций:



Найдите тепловой эффект реакции сжигания  $33,6$  дм<sup>3</sup> (н. у.) смеси водорода и метана, если молярная масса смеси равна  $9$ . *Ответ*

12. Рассчитать изменение внутренней энергии системы в стандартных условиях ( $\Delta U^0$ ) при протекании реакции:



если стандартные теплоты образования воды и хлороводорода (HCl) соответственно равны:  $-241,84$  и  $92,3$  кДж/моль. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 148 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 9. Решение задач на растворы

**Теоретический материал.** Массовая доля и молярная концентрация как основные способы выражения состава растворов. Вычисление массы растворенного вещества и растворителя. Вычисление массы кристаллогидратов, необходимых для приготовления раствора заданного состава. Вычисление массы раствора по его объему и объема раствора по его массе. Вычисления при разбавлении и приготовлении более концентрированных растворов. Решение задач по взаимному переводу массовой доли и молярной концентрации. Вычисления по уравнениям реакций, протекающих в растворах.

### Контрольные вопросы

1. Коэффициент растворимости (растворимость) веществ. Факторы, влияющие на растворимость.
2. Растворы насыщенные и ненасыщенные.
3. Концентрированные и разбавленные растворы.
4. Способы выражения состава растворов, определения и математические формулы.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Какой объем HCl (н. у.) нужно взять для приготовления 40 г раствора с  $\omega(\text{HCl}) = 10\%$ ? *Ответ*
2. Какой объем HCl (н. у.) нужно пропустить в раствор HCl объемом 200 см<sup>3</sup> ( $\rho = 1,1 \text{ г/см}^3$ ) с  $\omega(\text{HCl}) = 20\%$  для получения раствора с  $\omega(\text{HCl}) = 36,5\%$ ? *Ответ*
3. Смесь газов HCl и HBr объемом 400 дм<sup>3</sup> (н. у.) с относительной плотностью по воздуху 2,41 растворили в 1 дм<sup>3</sup> воды. Найдите массовую долю HBr в полученном растворе. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 149 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Кафедра  
химии

4. Через соляную кислоту с массой 150 г  $\omega(\text{HCl}) = 17\%$  пропустили 30,0 дм<sup>3</sup> хлороводорода (н. у.). Вычислите массовую долю хлороводорода в получившемся растворе. *Ответ*
5. Смесь газов HCl и HBr объемом 400 дм<sup>3</sup> (н. у.) растворили в 1 дм<sup>3</sup> воды и получили раствор с  $\omega(\text{HCl}) = 7,25\%$ . Рассчитайте объемную долю HBr в исходной смеси газов. *Ответ*
6. Через раствор массой 250 г с  $\omega(\text{NH}_3) = 5,75\%$  пропустили 10,5 дм<sup>3</sup> аммиака (н. у.), при этом получился раствор с плотностью 0,963 г/см<sup>3</sup>. Вычислите молярную концентрацию NH<sub>3</sub> в полученном растворе (здесь и далее взаимодействием аммиака с водой можно пренебречь). *Ответ*
7. Какой объем (н. у.) аммиака нужно пропустить через 150 г его раствора с  $\omega(\text{NH}_3) = 2,35\%$  для получения раствора с молярной концентрацией аммиака 7 моль/дм<sup>3</sup> ( $\rho = 0,948$  г/см<sup>3</sup>)? *Ответ*
8. Какой объем аммиака (н. у.) надо пропустить через 500 см<sup>3</sup> раствора аммиака с молярной концентрацией 1,10 моль/дм<sup>3</sup> ( $\rho = 0,990$  г/см<sup>3</sup>) для получения раствора с  $\omega(\text{NH}_3) = 20\%$ ? *Ответ*
9. Какой объем хлороводорода (н. у.) надо пропустить через 300 см<sup>3</sup> раствора с молярной концентрацией хлороводорода 8,12 моль/дм<sup>3</sup> ( $\rho = 1,130$  г/см<sup>3</sup>) для получения насыщенного раствора (растворимость HCl равна 82,3 г в 100 г воды)? *Ответ*
10. Плотность газовой смеси O<sub>2</sub> и HCl равна 1,5625 г/дм<sup>3</sup> (н. у.). Такую смесь объемом 500 дм<sup>3</sup> (н. у.) растворили в 1 дм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O. Пренебрегая растворимостью кислорода, определите массовую долю хлороводорода в полученном растворе. *Ответ*
11. Массовая доля фосфорной кислоты в ее растворе с молярной концентрацией 17,0 моль/дм<sup>3</sup> равна 93,37%. Найдите массу такого раствора объемом 10 см<sup>3</sup>. *Ответ*

Начало

Содержание



Страница 150 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

12. Смешали 150 г раствора гидросульфата натрия ( $\omega = 8\%$ ,  $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$ ) и  $150 \text{ см}^3$  раствора с молярной концентрацией этой же соли, равной  $1,93 \text{ моль/дм}^3$ . Вычислите молярную концентрацию соли в получившемся растворе (изменением объема раствора при смешивании можно пренебречь). *Ответ*
13. К раствору  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  объемом  $250 \text{ см}^3$  (молярная концентрация  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ ) добавили раствор  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  объемом  $200 \text{ см}^3$  (молярная концентрация  $0,25 \text{ моль/дм}^3$ ). Определите молярные концентрации веществ в полученном растворе, если его объем равен  $440 \text{ см}^3$ . *Ответ*
14. Смешали  $0,5 \text{ дм}^3$  раствора  $\text{BaCl}_2$  (молярная концентрация  $1 \text{ моль/дм}^3$ ) и  $1,0 \text{ дм}^3$  раствора  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (молярная концентрация  $0,5 \text{ моль/дм}^3$ ). Найдите молярные концентрации всех ионов, оставшихся в растворе после отделения осадка. *Ответ*
15. Смешали  $600 \text{ см}^3$  раствора  $\text{AgNO}_3$  (молярная концентрация  $0,05 \text{ моль/дм}^3$ ) и  $400 \text{ см}^3$  раствора  $\text{NaCl}$  (молярная концентрация  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ ). Рассчитайте молярные концентрации всех ионов в растворе после отделения осадка. *Ответ*
16. К раствору объемом  $250 \text{ см}^3$  с молярной концентрацией  $\text{NaOH}$   $5 \text{ моль/дм}^3$  ( $\rho = 1,185 \text{ г/см}^3$ ) добавили  $200 \text{ см}^3$  воды. Какова молярная концентрация и массовая доля  $\text{NaOH}$  в полученном растворе, если его плотность  $1,11 \text{ г/см}^3$ ? *Ответ*
17. Какой объем раствора с молярной концентрацией азотной кислоты  $0,8 \text{ моль/дм}^3$  можно приготовить из  $1 \text{ дм}^3$  ее раствора с массовой долей  $30\%$  ( $\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$ )? *Ответ*
18. Какую массу воды нужно добавить к  $200 \text{ см}^3$  раствора с молярной концентрацией  $\text{H}_3\text{PO}_4$   $2,8 \text{ моль/дм}^3$  ( $\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$ ), чтобы получить раствор с массовой долей кислоты  $14,6\%$ ? *Ответ*
19. Вычислите массовую долю хлороводорода в смеси  $\text{HCl}$  и  $\text{HBr}$ , при пропускании которой через воду образуется раствор с равными молярными концентрациями галогеноводородов. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 151 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

20. В колбе находится 500 г раствора с массовой долей соли 20 %. Отлили 100 г раствора и к оставшемуся раствору прилили 100 г воды. Затем от полученного раствора вновь отлили 100 г и к оставшемуся раствору добавили 100 г воды. Какова массовая доля соли в конечном растворе? *Ответ*
21. Вычислите массовую долю соли в растворе, полученном в результате нейтрализации раствора с  $\omega(\text{HNO}_3) = 30\%$  раствором с  $\omega(\text{NaOH}) = 20\%$ . *Ответ*
22. Во сколько раз химическое количество воды в растворе, полученном при нейтрализации раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 20\%$  раствором с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 35\%$ , превышает химическое количество воды в исходном растворе щелочи? *Ответ*
23. Имеется раствор с  $\omega(\text{NaOH}) = 30,2\%$  ( $\rho = 1,33 \text{ г/см}^3$ ). К какому объему этого раствора необходимо прибавить 200 г воды для получения раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 10\%$ ? *Ответ*
24. К раствору с  $\omega(\text{MgCl}_2) = 3\%$  добавили еще 2 г этой соли. При этом  $\omega(\text{MgCl}_2)$  стала равной 4,59 %. Какой была масса исходного раствора? *Ответ*
25. Какой была исходная  $\omega(\text{NaNO}_3)$ , если при упаривании 300 г раствора масса раствора уменьшилась на 5 %, а  $\omega(\text{NaNO}_3)$  стала равной 9 %? *Ответ*
26. Какой объем раствора с  $\omega(\text{HCl}) = 10,5\%$  ( $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ ) можно приготовить из 50 см<sup>3</sup> раствора с  $\omega(\text{HCl}) = 20,4\%$  ( $\rho = 1,10 \text{ г/см}^3$ )? *Ответ*
27. К раствору  $\text{CaBr}_2$  прибавили 9 г этой же соли. При этом масса раствора увеличилась в 1,05 раза, а массовая доля вещества – в 1,5 раза. Найдите  $\omega(\text{CaBr}_2)$  в исходном и конечном растворах. *Ответ*
28. Какую массу  $\text{HBr}$  нужно растворить в 20 г раствора с  $\omega(\text{HBr}) = 5\%$ , чтобы получить раствор с  $\omega(\text{HBr}) = 20\%$ ? *Ответ*
29. Какую массу  $\text{KBr}$  необходимо добавить к 180 г раствора с  $\omega(\text{KBr}) = 8\%$ , чтобы массовая доля вещества увеличилась до 12 %? *Ответ*
30. При добавлении 5 г глюкозы к 200 г ее раствора массовая доля вещества стала равной 20 %. Какой была массовая доля глюкозы в исходном растворе? *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 152 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



31. Растворимость безводного сульфата цинка при 30 °С равна 32,2 г на 100 г H<sub>2</sub>O. Какой минимальный объем воды нужен для растворения при этой температуре 143,5 г гептагидрата сульфата цинка? *Ответ*
32. При 30 °С в 100 г воды растворяется 25 г сульфата меди. Будет ли насыщенным при этой температуре раствор с массовой долей соли 18 %? *Ответ*
33. Массовая доля соли в насыщенном растворе при некоторой температуре равна 45 %. Какая масса соли может раствориться при этих условиях в 250 см<sup>3</sup> воды? *Ответ*
34. Растворимость бромида калия при 0 и 45 °С соответственно равна 50 и 80 г на 100 г воды. а) Найдите массовые доли растворов, насыщенных при указанных температурах; б) определите, какую массу соли можно дополнительно растворить при 4 °С в 2 кг раствора, насыщенного при 0 °С? *Ответ*
35. Через раствор массой 293 г, содержащий 22 г NaOH, пропустили CO<sub>2</sub> до прекращения реакции. Найдите массу полученного осадка, если растворимость продукта реакции в условиях опыта составляет 6,9 г на 100 г воды. *Ответ*
36. Массовая доля сульфата калия в насыщенном при 10 °С водном растворе равна 8,44 %. Какая максимальная масса сульфата калия растворится в 100 г воды при этой температуре? *Ответ*
37. Из насыщенного при 15 °С водного раствора BaCl<sub>2</sub> массой 12,86 г путем выпаривания получено 4,11 г кристаллогидрата BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O. Какова растворимость BaCl<sub>2</sub> при 15 °С (в г на 100 г воды)? *Ответ*
38. При 90 °С в H<sub>2</sub>O массой 100 г растворяется 60 г соли. При охлаждении 450 г раствора, насыщенного при 90 °С, до 20 °С из него выкристаллизовалось 68,75 г соли. Какова растворимость (на 100 г H<sub>2</sub>O) соли при 20 °С? *Ответ*
39. Рассчитайте объем воды, затраченной на приготовление насыщенного при 0 °С раствора газа, выделившегося после обработки 585 г NaCl избытком H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Растворимость газа при 0 °С составляет 82 г в 100 г воды. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 153 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

40. Какие массы воды и  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  надо взять для приготовления раствора, охлаждая который от 50 до 0 °С можно осадить 5 г кристаллогидрата  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , если растворимость  $\text{FeSO}_4$  на 100 г воды равна 48,6 и 15,7 г при 50 и 0 °С соответственно. *Ответ*
41. Какие массы воды и кристаллической соды надо взять для приготовления раствора, при охлаждении которого до 0 °С осажается 20 г декагидрата карбоната натрия? Растворимость декагидрата при температуре опыта и 0 °С равна 30,8 и 6,4 г на 100 г воды. *Ответ*
42. При температуре 80 °С в 100 г воды растворяется 55,5 г безводного сульфата меди (II), а при 20 °С – 20,5 г. Найдите массу медного купороса, который выпадает в осадок из раствора  $\text{CuSO}_4$  массой 350 г, насыщенного при 80 °С, а охлажденного до 20 °С. *Ответ*
43. Какие объем раствора сульфата железа (II) ( $\omega = 5\%$ ,  $\rho = 1\text{ г/см}^3$ ) и масса гептагидрата сульфата железа (II) нужны для приготовления раствора  $\text{FeSO}_4$  объемом 200  $\text{см}^3$  с  $\omega = 20\%$ ,  $\rho = 1,1\text{ г/см}^3$ ? *Ответ*
44. Оксид магния, полученный при прокаливании 50,4 г  $\text{MgCO}_3$ , растворен в строго необходимом количестве серной кислоты с массовой долей ее 25%. Полученный раствор охладили, при этом в осадок выпал гептагидрат соли, а массовая доля безводной соли в растворе составила 26,2%. Найдите массу выпавших кристаллов. *Ответ*
45. Оксид меди (II) массой 20 г растворили в строго необходимом объеме теплого раствора с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 40\%$ . Какая масса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  выпадет в осадок при охлаждении полученного раствора до 20 °С, если при 20 °С растворимость  $\text{CuSO}_4$  равна 20,9 г на 100 г воды? *Ответ*
46. Растворимость  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  при 20 °С равна 21,8 г в 100 г воды. Вычислите массу кристаллической соды, которую надо растворить в 400 г воды для получения насыщенного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а также массовую долю вещества в полученном растворе. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 154 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

47. Из раствора  $K_2CO_3$  массой 600 г с молярной концентрацией 6,72 моль/дм<sup>3</sup> ( $\rho = 1,6$  г/см<sup>3</sup>), нагретого до 80 °С, при охлаждении до 20 °С выпал кристаллогидрат. Масса надосадочной жидкости оказалась равной 494,5 г, а массовая доля соли  $K_2CO_3$  в ней 58,35 %. Установите формулу кристаллогидрата. *Ответ*
48. Из раствора с  $\omega(Na_2CO_3) = 25$  % какой массы выпадет при охлаждении 10 г  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ , если в результате этого  $\omega(Na_2CO_3)$  в растворе уменьшилась вдвое? *Ответ*



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 155 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 10. Решение задач на ионные равновесия в растворах электролитов

**Теоретический материал.** Вычисление степени диссоциации по закону разбавления Освальда. Вычисление водородного показателя в растворах сильных и слабых электролитов. Вычисление водородного показателя в растворах, полученных смешением слабой кислоты и ее соли или слабого основания и его соли. Решение качественных задач с использованием гидролиза солей.

### Контрольные вопросы

1. Понятие о степени электролитической диссоциации, формулы расчета.
2. Сущность **закона разбавления Освальда**.
3. **Константа диссоциации**, расчеты констант диссоциации для слабых электролитов.
4. **Водородный показатель** среды. Вычисление рН в растворах слабых электролитов.
5. Вычисление рН в растворах сильных электролитов.
6. Буферные системы: расчет рН буферных растворов, образованных слабой кислотой и ее солью, слабым основанием и его солью.
7. Гидролиз солей, его типы. Вычисление рН в растворах солей, подвергающихся гидролизу.
8. Роль гидролиза в качественном анализе катионов и анионов.

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Вычислите ионную силу и активность ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в 0,01 М растворе  $\text{NaCl}$ .

### Решение

$$\mu = \frac{1}{2} (1^2 \cdot c_{\text{Na}^+} + 1^2 \cdot c_{\text{Cl}^-}) = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,01) = 0,01, \text{ т. е. } \mu = c.$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 156 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

Средний коэффициент активности  $f = 0,89$ , тогда  $a_{\text{Na}^+} = a_{\text{Cl}^-} = 0,01 \cdot 0,89 = 8,9 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

Ответ:  $\mu = c$ ,  $a_{\text{Na}^+} = a_{\text{Cl}^-} = 8,9 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

**Задача 2.** Вычислите ионную силу и активность сульфат-иона  $\text{SO}_4^{2-}$  раствора, содержащего 0,005 М  $\text{ZnSO}_4$  и 0,01 М  $\text{AlCl}_3$  в одном литре раствора.

### Решение

Определяем ионную силу раствора, используя формулу:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{2} (2^2 \cdot 0,005 + 2^2 \cdot 0,005 + 3^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,01 \cdot 3) = \\ &= \frac{1}{2} (0,02 + 0,02 + 0,09 + 0,03) = \frac{1}{2} \cdot 0,16 = 0,08.\end{aligned}$$

Проверяем расчетную величину  $\mu$ , используя сопряженный метод:

$$\begin{aligned}\mu &= 4c_{\text{ZnSO}_4} = 4 \cdot 0,005 + 6 \cdot 0,01 = 0,08 \\ a_{\text{SO}_4^{2-}} &= c \cdot f = 0,005 \cdot 0,47 = 0,00235 = 2,35 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}\end{aligned}$$

Для разбавленных растворов коэффициент активности можно рассчитывать по формулам:

$$\begin{aligned}\lg f &= -0,5 \cdot Z^2 \sqrt{\mu} \text{ для } \mu \leq 0,01, \\ \lg f &= \frac{-0,5 \cdot Z^2 \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} \text{ для } \mu \leq 0,1.\end{aligned}$$

Для растворов с  $\mu \geq 0,1$  уравнения сложные, и использовать их нецелесообразно. Следует упомянуть, что расчеты величин  $f$  и  $\mu$  по данным формулам дают приближенные результаты.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 157 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Ответ:  $\mu = 0,08$ ;  $a_{\text{SO}_4^{2-}} = 2,35 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Найдите степень диссоциации уксусной кислоты, содержащей в некотором объеме  $5 \cdot 10^{19}$  ее молекул и  $1,8 \cdot 10^{18}$  ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . *Ответ*
2. В некотором объеме одноосновной кислоты содержится  $2 \cdot 10^6$  ее молекул и  $4 \cdot 10^3$  ионов кислотного остатка. Найдите значение степени электролитической диссоциации для кислоты. *Ответ*
3. Найдите число молекул и ионов хлорноватистой кислоты  $\text{HClO}$ , содержащихся в  $100 \text{ см}^3$  ее раствора с  $\omega = 0,525 \%$  ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ), если  $a = 1 \%$ . *Ответ*
4. Найдите химическое количества ионов водорода, образующихся при диссоциации по первой ступени  $0,01$  моль сероводородной кислоты, если  $a$  для этой ступени равна  $0,3 \%$ . *Ответ*
5. Считая диссоциацию  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  полной, найдите химическое количество ионов  $\text{OH}^-$  в  $1 \text{ дм}^3$  раствора с  $\omega(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 1 \%$  ( $\rho = 1,026 \text{ г/см}^3$ ). *Ответ*
6. В растворе массой  $20 \text{ г}$  с  $\omega(\text{MeCl}_2) = 11,1 \%$  содержится  $0,36 \cdot 10^{23}$  ионов  $\text{Me}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-$ . Считая диссоциацию полной, назовите металл. *Ответ*
7. Найдите химическое количество ионов водорода в  $1 \text{ дм}^3$  раствора фтороводородной кислоты ( $\omega = 0,2 \%$ ,  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ), считая  $a = 2 \%$ . *Ответ*
8. В растворе объемом  $1 \text{ дм}^3$  содержится  $0,5$  моль хлорида кальция,  $a = 78 \%$ . Найдите массу ионов  $\text{Cl}^-$  в таком растворе объемом  $2 \text{ дм}^3$ . *Ответ*
9. Масса ионов хлора в  $1 \text{ дм}^3$  раствора  $\text{BaCl}_2$  равно  $50 \text{ г}$ , значение степени диссоциации для этой соли равно  $70 \%$ . Найдите химическое количества соли в  $1 \text{ дм}^3$  раствора. *Ответ*
10. В растворе массой  $20 \text{ г}$  с массовой долей сульфата однозарядного металла  $4,35 \%$  содержится  $9 \cdot 10^{21}$  ионов соли. Считая диссоциацию полной, установите металл. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 158 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

11. В воде растворили  $5,0 \cdot 10^{-3}$  моль  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Определите степень диссоциации (процентах, с точностью до целых) уксусной кислоты в этом растворе, если известно, что раствор содержит  $3,13 \cdot 10^{21}$  (молекул и ионов) уксусной кислоты. *Ответ*
12. Вычислите степень диссоциации азотистой кислоты в ее растворе с  $\omega(\text{HNO}_2) = 0,47 \%$  (плотность раствора  $1 \text{ г/см}^3$ ), если в  $1 \text{ см}^3$  раствора содержится  $3,6 \cdot 10^{18}$  ее ионов.
13. В растворе муравьиной кислоты объемом  $0,5 \text{ дм}^3$  с массовой долей ее  $10 \%$  ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ) содержится  $0,01$  моль ионов водорода. Вычислите степень диссоциации этой кислоты в растворе. *Ответ*
14. В воде растворили азотистую кислоту массой  $4,7 \text{ г}$ , общее число ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  и молекул  $\text{HNO}_2$  в нем составляет  $6,4 \cdot 10^{22}$ . Вычислите степень диссоциации кислоты в растворе. *Ответ*
15. Раствор массой  $10 \text{ г}$  некоторой одноосновной кислородсодержащей кислоты с массовой долей ее  $3 \%$  содержит  $2,3 \cdot 10^{22}$  ее ионов, степень диссоциации кислоты равна  $3 \%$ . Что это за кислота? *Ответ*
16. Степень диссоциации основания  $\text{Me}(\text{OH})_2$  по первой ступени равна  $90 \%$ , по второй –  $30 \%$ . Определите химическое количество ионов  $\text{MeOH}^+$  в растворе, в котором растворили  $2$  моль основания. *Ответ*
17. Степень диссоциации кислоты в ее растворе с молярной концентрацией  $0,1 \text{ моль/дм}^3$  равна  $1,3 \%$ . Рассчитайте массу ионов  $\text{H}^+$  в  $250 \text{ см}^3$  этого раствора. *Ответ*
18. Какую массу  $\text{AlCl}_3$  следует растворить в  $150 \text{ г}$  воды, чтобы получить раствор с массовой концентрацией хлорид-ионов  $87,0 \text{ г/дм}^3$  ( $\rho = 1,09 \text{ см}^3$ , диссоциация соли полная)? *Ответ*
19. В каком соотношении по массе нужно смешать раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ( $\omega = 2 \%$ ) и раствор  $\text{KCl}$  ( $\omega = 3 \%$ ), чтобы в полученном растворе химическое количество ионов  $\text{Na}^+$  было  $4$  раза больше химического количества ионов  $\text{K}^+$ ? *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 159 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

20. К раствору  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  добавили иодоводородную кислоту. В полученном растворе молярная концентрация ионов  $\text{Ba}^{2+}$  равна  $0,02$  моль/ $\text{дм}^3$ , а pH раствора равен 2. Укажите молярную концентрацию иодид-ионов в образовавшемся растворе. *Ответ*
21. К раствору  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  добавили бромоводородную кислоту. В образовавшемся растворе  $c(\text{Br}^-) = 0,061$  моль/ $\text{дм}^3$ , а  $\text{pH} = 3$ . Рассчитайте  $c(\text{Ba}^{2+})$  в полученном растворе. *Ответ*
22. В растворе HF суммарная молярная концентрация ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{F}^-$  и непродиссоциировавших молекул HF равна  $0,011$  моль/ $\text{дм}^3$ , а pH раствора равен 3. Укажите степень диссоциации кислоты и ее исходную молекулярную концентрацию. *Ответ*
23. В растворе  $\text{HNO}_2$  число непродиссоциировавших молекул равно сумме чисел ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{NO}_2^-$ . Найдите pH раствора, если раствор получен растворением  $0,0705$  г  $\text{HNO}_2$  в  $500$   $\text{см}^3$  воды (изменением объема при растворении можно пренебречь). *Ответ*
24. В растворе HF число непродиссоциировавших молекул в 5 раз больше суммарного числа ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{F}^-$ , исходная молярная концентрация кислоты равна  $0,0011$  моль/ $\text{дм}^3$ . Рассчитайте pH раствора. *Ответ*
25. Чему равна активность ионов водорода в 3 %-м растворе уксусной кислоты, если степень диссоциации 0,6 %? *Ответ*
26. Чему равна активность ацетат-иона в  $0,001$  М уксусной кислоты, если степень диссоциации равна 12,4 %? *Ответ*
27. Вычислите ионную силу и активность иона алюминия в  $0,005$  М растворе хлорида алюминия. *Ответ*
28. Определите ионную силу раствора, содержащего в 1 литре  $0,01$  моль сульфата натрия и  $0,01$  моль сульфата алюминия. *Ответ*
29. Вычислите ионную силу и активность иона хрома в растворе, 1 л которого содержит  $0,0012$  моль соли натрий-хромсульфата  $\text{NaCr}(\text{SO}_4)$ . *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 160 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



30. Какова активность ионов кальция и хлора в  $10^{-4}$  М растворе хлорида кальция, к которому добавлено столько ацетата калия, чтобы ионная сила раствора была равна 0,2? *Ответ*
31. Рассчитайте активность гидроксид-ионов в 0,01 М растворе гидроксида калия, учитывая ионную силу раствора. *Ответ*
32. Рассчитайте, чему равна активность ионов водорода в растворе, содержащем в 1 л 0,1 моль уксусной кислоты и 0,05 моль ацетата натрия. *Ответ*



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 161 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 11. Решение задач на окислительно-восстановительные процессы

**Теоретический материал.** Правила расчета степеней окисления элементов в химическом соединении. Использование метода электронного баланса для расстановки стехиометрических коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций (ОВР). Расстановка коэффициентов в уравнениях реакций, когда одно из реагирующих веществ расходуется на связывание продуктов. Расстановка коэффициентов в реакциях, когда степень окисления изменяется у трех элементов. Определение направления окислительно-восстановительных реакций.

### Контрольные вопросы

1. Определение степени окисления атомов элементов.
2. Сущность метода электронного баланса расставления коэффициентов в ОВР.
3. Использование «быстрого» электронного баланса для расставления коэффициентов в ОВР.
4. Сущность ионно-электронного метода (метод полуреакций) расстановки коэффициентов в ОВР.
5. Классификация ОВР.
6. Классификация веществ по окислительно-восстановительным свойствам.

### Задачи для самостоятельного решения

- 1) Расставьте коэффициенты в ОВР методом электронного баланса.
  1.  $\text{CaC}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Ca}(\text{CrO}_2)_2 + \text{C} + \text{K}_2\text{CO}_3$ .
  2.  $\text{AgNO}_3 + \text{Al} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag} + \text{NH}_3 + \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ .
  3.  $\text{FeC}_2\text{O}_4 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{FeO}_4 + \text{NaBr} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
  4.  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{FeI}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 162 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



*Кафедра  
химии*

5.  $\text{Cu}(\text{BrO}_3)_2 + \text{HI} \rightarrow \text{CuI} + \text{I}_2 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
6.  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CrS} + \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ .
7.  $\text{XeF}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{XeO}_3 + \text{HF} + \text{Xe} + \text{O}_2$ .
8.  $\text{FeS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
9.  $\text{FeS}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2$ .
10.  $\text{KBiO}_3 + \text{HNO}_3 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{KMnO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
11.  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Fe} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
12.  $\text{ReCl}_6 + \text{KOH} \rightarrow \text{KReO}_4 + \text{ReO}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ .
13.  $\text{KMnO}_4 + \text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{N}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
14.  $\text{MnSO}_4 + \text{KBiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
15.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + (\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{S} + \text{NH}_3 + \text{KOH}$ .
16.  $\text{Au} + \text{KCN} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2] + \text{KOH}$ .
17.  $\text{Zn} + \text{NaNO}_2 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{NH}_3$ .
18.  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaBiO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
19.  $\text{Ca}(\text{ClO}_2)_2 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{S} + \text{NaOH}$ .
20.  $\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TiO}(\text{SO}_4) + \text{KCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ .
21. Бутен-2 +  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  бутандиол-2,3 +  $\text{MnO}_2 + \text{KOH}$ .
22. Ацетон +  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  муравьиная кислота + уксусная кислота +  $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
23.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}=\text{O} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{KOH} + \text{MnO}_2$ .
24.  $(\text{CH}_3)_2\text{S} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
25. Циклогексанол +  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  адипиновая кислота +  $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
26. Циклогексанон +  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  гександиовая кислота +  $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

Начало

Содержание

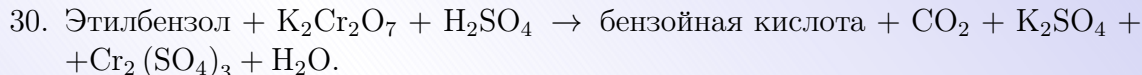
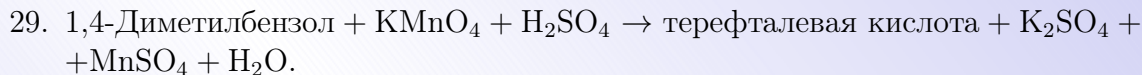
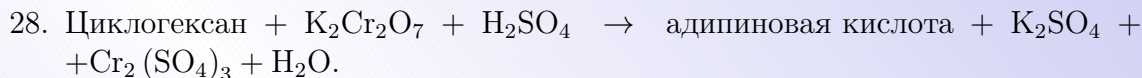
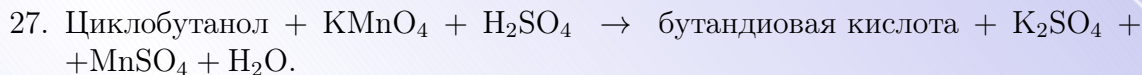


Страница 163 из 251

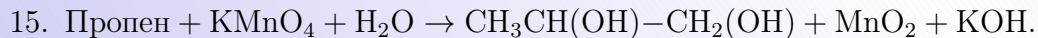
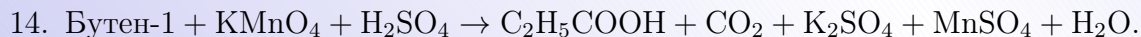
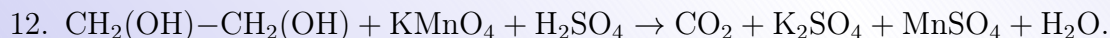
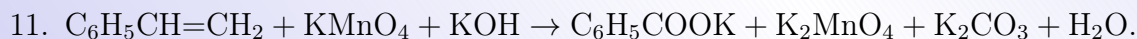
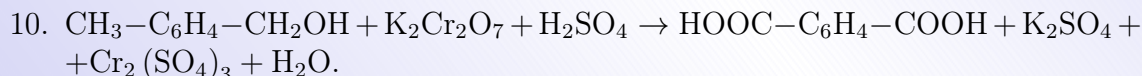
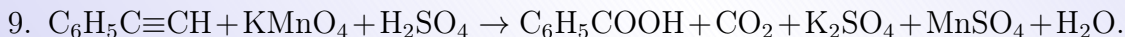
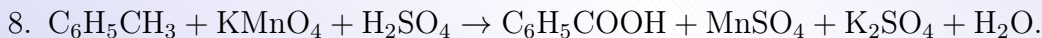
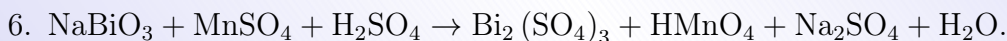
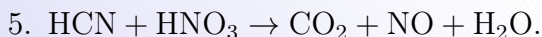
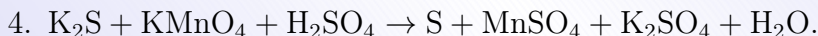
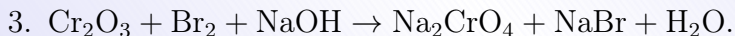
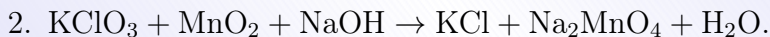
Назад

На весь экран

Закреть



2) Расставьте коэффициенты в ОВР методом полуреакций (ионно-электронным методом).



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 164 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

16.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOK} + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{KOH} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
17.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} + \text{HCOOH} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
18. Тoluол +  $\text{KMnO}_4 \rightarrow$  бензоат калия +  $\text{MnO}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$ .
19.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOK} + \text{MnO}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$ .
20. Нитробензол + сульфид аммония  $\rightarrow$  анилин +  $\text{NH}_3 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ .



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 165 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 12. Решение задач на электрохимические процессы

**Теоретический материал.** Вычисление электродвижущей силы **гальванического элемента**. Химические процессы, протекающие при работе гальванического элемента. Химические процессы, протекающие в расплавах и водных растворах электролитов. Вычисление массы вещества, вступающего в электрохимическую реакцию по **закону Фарадея**. Вычисление выхода по току.

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Как будет протекать реакция взаимодействия между редокс-парами  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$  и  $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$ ? Изменится ли направление реакции, если концентрацию ионов  $\text{Pb}^{2+}$  уменьшить в 10 раз?

### Решение

Значения стандартных редокс-потенциалов (табличные данные):

$$E_{0,\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}} = -0,14 \text{ В}, E_{0,\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}} = -0,13 \text{ В}.$$

Согласно этим значениям реакция должна протекать следующим образом:



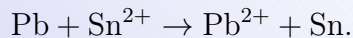
Вычисляем редокс-потенциал системы. При изменении  $[\text{Pb}^{2+}]$  до 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, рассчитав значение его по уравнению Нернста, получим:

$$E = E_0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{ox}{red} = -0,13 + 0,059 \cdot \lg 0,1 = -0,013 - \frac{0,059 \cdot 1}{2},$$

$$E = -0,16.$$

Определяем направление реакции.

Уменьшение величины до  $E_{0,\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}$  до  $-0,16 \text{ В}$  вызывает изменение направления реакции:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 166 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

*Ответ:* при уменьшении концентрации ионов свинца направление реакции изменяется на противоположное.

**Задача 2.** Вычислите константу равновесия реакции окисления сульфата железа (II)  $\text{FeSO}_4$  перманганатом калия  $\text{KMnO}_4$ .

### Решение

Пишем уравнение редокс-реакции:



Находим по таблице значение редокс-потенциалов:

$$E_{0,\text{MnO}_4^-/\text{Fe}^{2+}} = 1,51 \text{ В}, E_{0,\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 \text{ В}.$$

Подставляем значение  $E_0$  в формулу и определяем:

$$\lg K = \frac{[E'_0 - E''_0] n}{0,059} = \frac{[1,51 - 0,77] \cdot 5}{0,059} = 63,8.$$

Переходим от значения  $\lg K$  к числам:

$$K = \frac{[\text{Mn}^{2+}] [\text{Fe}^{3+}]^5}{[\text{MnO}_4^-] [\text{Fe}^{2+}] [\text{H}^+]^8} = 10^{63,8}$$

*Ответ:*  $10^{63,8}$ .

### Задачи для самостоятельного решения

1. Можно ли сульфат хрома (III) окислить азотной кислотой до  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ? *Ответ.*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 167 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

2. Будет ли протекать процесс растворения серебра в разбавленной серной кислоте? *Ответ*
3. С какими солями (хлоридом калия, бромидом калия и иодидом калия) и в какой среде будет реагировать нитрит натрия? *Ответ*
4. Будет ли протекать реакция между хлоридом олова (II) и хлоридом железа (III), хлоридом олова (II) и бромной водой? *Ответ*
5. Определите, как изменится редокс-потенциал  $E_0$  ( $\text{Br}_2/\text{Br}^-$ ) при изменении концентраций брома до 0,2 моль/л и бромид-иона до 0,01 моль/л. *Ответ*
6. Вычислите константы равновесия окислительно-восстановительных реакций:
- 1)  $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ ;
  - 2)  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{HNO}_2 + \text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{NO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$ ;
  - 3)  $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 = 2\text{H}^+ + \text{S} + 2\text{I}^-$ ;
  - 4)  $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^- + 4\text{H}^+$ ;
  - 5)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Cl}^- + 14\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{Cl}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ .

*Ответ*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 168 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть



## Занятия 13–14. Решение задач на основные классы неорганических веществ

**Теоретический материал.** Основные классы неорганических соединений и генетическая связь между ними. Простые вещества. Оксиды, кислоты, основания, соли. Особенности амфотерных гидроксидов. Генетическая связь между классами неорганических веществ.

### Контрольные вопросы

1. **Классификация неорганических веществ.**
2. Бинарные соединения. Правила составления бинарных соединений. Номенклатура неорганических соединений.
3. Оксиды, классификация оксидов.
4. Солеобразующие и несолеобразующие оксиды.
5. Основные оксиды.
6. Кислотные оксиды.
7. Амфотерные оксиды.
8. Кислоты. Классификации кислот.
9. Физико-химические свойства кислот.
10. Получение оксидов и кислот.
11. Основания, классификация, свойства. Особенности амфотерных гидроксидов.
12. Соли, классификация солей. Средние соли, их свойства.
13. Кислые и основные соли, их химические свойства.
14. Классификация комплексных солей, особенности и свойства.
15. **Генетическая связь между классами неорганических соединений.**



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 169 из 251

Назад

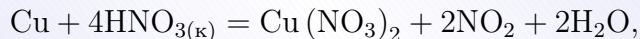
На весь экран

Закреть

## Примеры решения задач

**Задача 1.** При обработке 10,0 г Cu и Al концентрированной азотной кислотой при комнатной температуре выделилось 2,24 дм<sup>3</sup> (н. у.). Какой объем (н. у.) газа выделится при обработке такой же массы смеси избытком раствора KOH?

### Решение:



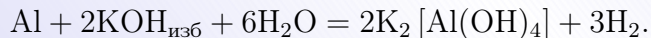
Al + HNO<sub>3(к)</sub> – реакция при комнатной температуре не идет.

$$n(\text{NO}_2) = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль.}$$

$$n(\text{NO}_2) = \frac{0,1 \text{ моль}}{2} = 0,05 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль} \cdot 0,05 \text{ моль} = 3,2 \text{ г.}$$

Cu + KOH<sub>изб.</sub> = реакция не идет.



$$m(\text{Al}) = 10 \text{ г} - 3,2 \text{ г} = 6,8 \text{ г},$$

$$n(\text{Al}) = \frac{6,8 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль},$$

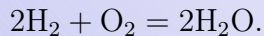
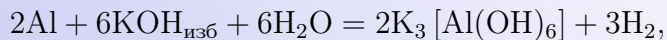
$$n(\text{H}_2) = \frac{0,25 \text{ моль} \cdot 3 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} = 0,38 \text{ моль},$$

$$V(\text{H}_2) = 0,38 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л} = 8,46 \text{ л.}$$

*Ответ:* 8,46 л.

**Задача 2.** Смесь алюминия и оксида металла (II) (оксид не амфотерен) массой 39 г обработали избытком раствора KOH, выделившийся газ сожгли и получили 27 г воды. Нерастворившийся остаток полностью растворили в 25,2 см<sup>3</sup> раствора HCl ( $\omega = 36,5\%$ ,  $\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$ ). Назовите оксид.

### Решение



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 170 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{27 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 1,5 \text{ моль},$$

$$n(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) = 1,5 \text{ моль}.$$

$$n(\text{Al}) = \frac{2}{3}n(\text{H}_2) = \frac{2 \cdot 1,5 \text{ моль}}{3} = 1 \text{ моль},$$

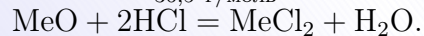
$$m(\text{Al}) = 1 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 27 \text{ г}.$$

$$m(\text{MeO}) = 39 \text{ г} - 27 \text{ г} = 12 \text{ г}.$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 25,2 \text{ см}^3 \cdot 1,19 \text{ г/см}^3 = 30 \text{ г},$$

$$m(\text{HCl}) = 30 \text{ г} \cdot 0,365 = 10,95 \text{ г},$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{10,95 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}.$$



$$n(\text{MeO}) = \frac{1}{2}n(\text{HCl}) = \frac{1 \cdot 0,3 \text{ моль}}{2} = 0,15 \text{ моль},$$

$$M(\text{MeO}) = \frac{12 \text{ г}}{0,15 \text{ моль}} = 80 \text{ г/моль},$$

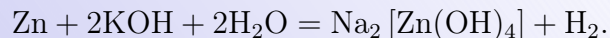
$$M(\text{Me}) = 80 \text{ г/моль} - 16 \text{ г/моль} = 64 \text{ г/моль}.$$

*Ответ:* CuO.

**Задача 3.** Смесь стружек Zn и Cu обработали избытком раствора KOH, выделился газ объемом 2,24 дм<sup>3</sup> (н. у.). Для полного хлорирования такого же образца металлов потребовался хлор объемом 8,96 дм<sup>3</sup>. Рассчитайте массовую долю меди в образце.

### Решение

Cu + KOH – реакция не идет,



$$n(\text{H}_2) = \frac{2,24 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,1 \text{ моль},$$

$$n(\text{Zn}) = n(\text{H}_2) = 0,1 \text{ моль}.$$

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{8,96 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,4 \text{ моль},$$

$$n(\text{Cl}_2 \text{ прореаг. с Zn}) = n(\text{Zn}) = 0,1 \text{ моль},$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



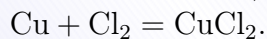
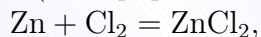
Страница 171 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

$n(\text{Cl}_2 \text{ прореаг. с Cu}) = 0,4 \text{ моль} - 0,1 \text{ моль} = 0,3 \text{ моль}.$



$n(\text{Cu}) = n(\text{Cl}_2) = 0,3 \text{ моль},$

$m(\text{Zn}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 5,6 \text{ г},$

$m(\text{Cu}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 19,2 \text{ г},$

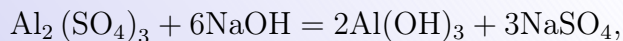
$m(\text{смеси}) = 5,6 \text{ г} + 19,2 \text{ г} = 24,8 \text{ г}.$

$\omega(\text{Cu}) = \frac{19,2 \text{ г}}{24,8 \text{ г}} = 0,7742 \text{ (74,7 \%)}.$

*Ответ:* 74,7 %.

**Задача 4.** К раствору  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  массой 100 г с массовой долей соли 17,1 % прилили раствор  $\text{NaOH}$  объемом 100  $\text{см}^3$  ( $\rho = 1,20 \text{ г/см}^3$ ) с концентрацией щелочи 6,0 моль/ $\text{дм}^3$ , а затем в полученный раствор пропустили хлороводород объемом (н. у.): а) 67,2  $\text{дм}^3$ , б) 6,72  $\text{дм}^3$ . Найдите массовую долю вещества с меньшей молярной массой в полученном растворе для обоих случаев.

### Решение



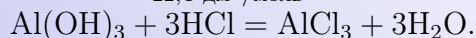
$m_{\text{в-ва}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 100 \text{ г} \cdot 0,171 = 17,1 \text{ г},$

$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{17,1 \text{ г}}{342 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}.$

$n(\text{NaOH}) = V(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ моль}.$

$\frac{n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{n(\text{NaOH})} = 2n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,1 \text{ моль}.$

$n(\text{HCl}) = \frac{67,2 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 3 \text{ моль}.$



$\frac{n(\text{HCl})}{n(\text{Al}(\text{OH})_3)} = \frac{3}{0,1} \Rightarrow \text{HCl} - \text{в избытке}.$

$n(\text{NaOH})_{\text{нпрореаг.}} = n_{\text{общ.}} - n_{\text{прореаг.}} = 0,6 - 0,3 = 0,3 \text{ моль},$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 172 из 251

Назад

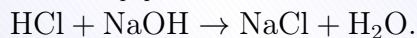
На весь экран

Закреть

$$n_{\text{прор.}}(\text{NaOH}) = 6n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,3 \text{ моль,}$$

$$n(\text{HCl})_{\text{непрор.}} = n_{\text{общ.}} - n_{\text{прореаг.}} = 3 - 0,3 = 2,7 \text{ моль,}$$

$$n(\text{HCl})_{\text{прор.}} = 3n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,3 \text{ моль.}$$



$$\frac{n(\text{HCl})}{n(\text{NaOH})} = \frac{2,7 \text{ моль}}{0,3 \text{ моль}} \Rightarrow \text{HCl в избытке.}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = 100 \cdot 1,2 = 120 \text{ г,}$$

$$m_{\text{р-ра общ.}} = m_{\text{р-ра}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) + m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) + m_1(\text{HCl}) = \\ = 100 \text{ г} + 120 \text{ г} + 109,5 \text{ г} = 329,5 \text{ г,}$$

$$m_1(\text{HCl}) = 3 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 109,5 \text{ г,}$$

$$\omega_1(\text{HCl}) = \frac{109,5}{329,5} \cdot 100 \% = 33,2 \%.$$

$$n_2(\text{HCl}) = \frac{6,72 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,3 \text{ моль (прореагирует),}$$

$$m_2(\text{HCl}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 10,95 \text{ г.}$$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{NaOH}) = 0,3 \text{ моль,}$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} = 17,55 \text{ г.}$$

$$m_{\text{р-ра общ.}} = m_{\text{р-ра}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) + m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) + m_2(\text{HCl}) = \\ = 100 \text{ г} + 120 \text{ г} + 10,95 \text{ г} = 230,95 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{17,55 \text{ г}}{230,95 \text{ г}} \cdot 100 \% = 7,6 \%.$$

*Ответ:*  $\omega(\text{HCl}) = 33,2 \%$ ;  $\omega(\text{NaCl}) = 7,6 \%$ .

### ***Задачи для самостоятельного решения***

1. Взаимодействуют 3,00 г цинка с 18,69 см<sup>3</sup> раствора HCl ( $\omega = 14,6 \%$ ,  $\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$ ). Полученный газ при нагревании пропускают над раскаленным CuO массой 4,0 г. Каким минимальным объемом соляной кислоты ( $\omega = 19,6 \%$ ,  $\rho = 1,14 \text{ г/см}^3$ ) надо обработать полученную смесь для выделения из нее металлической меди? Какая масса меди при этом получается? *Ответ*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 173 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

2. Газ, выделившийся после обработки гидрида кальция избытком воды, пропустили над FeO. В результате масса оксида уменьшилась на 8 г. Найдите массу CaH<sub>2</sub>, обработанную водой. *Ответ*
3. Полностью разложили нитрат меди, а образовавшийся оксид меди (II) восстановили водородом (избыток). Полученные при этом продукты пропустили через трубку P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, причем масса трубки после этого возросла на 3,6 г. Какой минимальный объем серной кислоты с  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 88\%$  ( $\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$ ) нужен для растворения полученной в опыте меди и какова масса разложившейся соли? *Ответ*
4. В некоторой порции смеси оксидов меди (II) и железа (III)  $N(\text{O}) = 5,418 \cdot 10^{23}$ , а масса атомов железа в 5,25 раз больше массы атомов меди. Какой объем (н. у.) водорода потребуется для полного восстановления 100 г смеси с таким же мольным соотношением оксидов? *Ответ*
5. В каком объемном соотношении следует взять раствор серной кислоты ( $\omega = 5\%$ ,  $\rho = 1,03 \text{ г/см}^3$ ) и раствор гидроксида бария ( $\omega = 5\%$ ,  $\rho = 1,1 \text{ г/см}^3$ ) для полной нейтрализации? Ответ представьте как частное от деления объема раствора щелочи на раствор кислоты. *Ответ*
6. Рассчитайте минимальный объем раствора аммиака ( $\omega = 25\%$ ,  $\rho = 0,9 \text{ г/см}^3$ ), который необходим для полного поглощения углекислого газа, полученного при разложении 0,5 кг природного известняка с массовой долей карбоната кальция, равной 92%. *Ответ*
7. Для полного превращения 2,92 г смеси гидроксида и карбоната натрия в хлорид натрия нужно 1,344 дм<sup>3</sup> хлороводорода (н. у.). Найдите массу карбоната натрия в смеси. *Ответ*
8. К раствору сульфата меди (II) массой 25 г ( $\omega = 16\%$ ) прибавили некоторое количество раствора гидроксида натрия ( $\omega = 16\%$ ). Образовавшийся осадок отфильтровали, после чего фильтрат имел щелочную реакцию. Для полной



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 174 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

нейтрализации фильтрата потребовалось  $25 \text{ см}^3$  раствора серной кислоты с молярной концентрацией кислоты  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ . Вычислите массу прибавленного раствора гидроксида натрия. *Ответ*

9. Вещество, полученное при полном восстановлении  $\text{CuO}$  массой  $15,8 \text{ г}$  водородом объемом  $11,2 \text{ дм}^3$  (н. у.), растворили при нагревании в концентрированной серной кислоте. Какой объем газа (н. у.) выделился в результате реакции? *Ответ*
10. При полном растворении в соляной кислоте смеси  $\text{MeCO}_3$  и  $\text{MeS}$  их равными массовыми долями выделилась газовая смесь с плотностью (н. у.)  $1,696 \text{ г/дм}^3$ . Установите металл. *Ответ*
11. Газ, полученный при пропускании избытка  $\text{CO}_2$  над  $0,84 \text{ г}$  раскаленного угля, направлен в реакцию с  $14,0 \text{ г}$  нагретого оксида меди (II). Какой объем раствора азотной кислоты ( $\omega = 63 \%$ ,  $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ ) нужен для растворения полученного в последней реакции твердого остатка? *Ответ*
12. При прокаливании нитрата меди (II) масса соли уменьшилась на  $6,5 \text{ г}$ . Какая масса соли подверглась разложению? *Ответ*
13. При действии избытка соляной кислоты на смесь алюминия с неизвестным одновалентным металлом выделилось  $6,72 \text{ дм}^3$  (н. у.) газа, и масса смеси уменьшилась вдвое. При обработке остатка разбавленной азотной кислоты выделилось  $0,373 \text{ дм}^3$  (н. у.)  $\text{NO}$ . Определите неизвестный металл. *Ответ*
14. Масса образца мела равна  $105 \text{ г}$ , а химическое количество атомарного кислорода в его составе равно  $1 \text{ моль}$ . Определите массовую долю  $\text{CaCO}_3$  в образце мела (кислород входит только в состав карбоната кальция). *Ответ*
15. При взаимодействии оксида серы (VI) с водой получили раствор с  $\omega (\text{H}_2\text{SO}_4) = 25 \%$ . При добавлении к этому раствору избытка  $\text{Ba(OH)}_2$  выпал осадок массой  $29,13 \text{ г}$ . Какие массы  $\text{SO}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$  были затрачены на образование раствора кислоты? *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 175 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

16. К смеси железа, оксида железа (II) и оксида железа (III) общей массой 2,00 добавили 16 см<sup>3</sup> раствора HCl ( $\omega = 20\%$ ,  $\rho = 1,09$  г/см<sup>3</sup>). Для нейтрализации избытка кислоты нужно 10,8 см<sup>3</sup> раствора NaOH с  $\omega = 10\%$  ( $\rho = 1,05$  г/см<sup>3</sup>). Найдите массы веществ в смеси, если объем выделенного водорода равен 224 см<sup>3</sup> (н. у.). *Ответ*
17. Весь хлороводород, полученный из 100 г смеси KCl и KNO<sub>3</sub>, растворили в 71,8 см<sup>3</sup> воды. При прокаливании 100 г этой же смеси солей остается 93,6 г твердого остатка. Найдите массовую долю хлороводорода в воде. *Ответ*
18. При пропускании воздуха объемом 2 м<sup>3</sup> (н. у.) через раствор Ca(OH)<sub>2</sub> получено 3 г осадка соли угольной кислоты. Найдите объемную и массовую доли CO<sub>2</sub> в воздухе. *Ответ*
19. Какой минимальный объем (н. у.) сернистого газа надо пропустить через 200 см<sup>3</sup> раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 0,1\%$  ( $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>), чтобы получить кислую соль? *Ответ*
20. Какую массу гидрофосфата калия надо добавить в раствор, содержащий 12,25 г H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, чтобы после этого раствор содержал только дигидрофосфат калия? *Ответ*
21. В растворе в виде суспензии содержалось 56,1 г смеси карбонатов Ca и Mg. Для превращения их в гидрокарбонаты затратили весь углекислый газ, полученный сжиганием 7,00 дм<sup>3</sup> (н. у.) этана. Найдите массу карбоната кальция в исходной смеси. *Ответ*
22. Чтобы перевести в среднюю соль 9,5 г смеси гидро- и дигидрофосфата натрия, нужно 10 см<sup>3</sup> раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 27,7\%$  ( $\rho = 1,3$  г/см<sup>3</sup>). Найдите массу гидрофосфата в смеси. *Ответ*
23. При пропускании углекислого газа через раствор, содержащий 6 г NaOH, получили 9,5 г смеси кислой и средней солей. Найдите объем затраченного углекислого газа. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 176 из 251

Назад

На весь экран

Закреть





Кафедра  
химии

24. После пропускания  $11,2 \text{ дм}^3$  (н. у.)  $\text{CO}_2$  через раствор  $\text{KOH}$  получили  $57,6 \text{ г}$  смеси кислой и средней солей. Найдите массу средней соли. *Ответ*
25. Какую массу ортофосфорной кислоты надо нейтрализовать, чтобы получить  $1,2 \text{ г}$  дигидро- и  $4,26 \text{ г}$  гидрофосфата натрия? *Ответ*
26. Газ, полученный при сжигании  $44,8 \text{ дм}^3$  (н. у.) метана, пропустили через  $0,5 \text{ дм}^3$  раствора  $\text{NaOH}$  ( $\omega = 25 \%$ ,  $\rho = 1,28 \text{ г/см}^3$ ). Определите состав и массовую долю полученной соли. *Ответ*
27. Определите состав и массовую долю соли, полученной растворением в  $160 \text{ г}$  раствора с  $\omega(\text{NaOH}) = 5 \%$  оксида фосфора (V) массой  $14,2 \text{ г}$ . *Ответ*
28. Газ, выделившийся при нагревании  $10,7 \text{ г}$  хлорида аммония с избытком щелочи, поглотился раствором, содержащим  $19,6 \text{ г}$   $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Найдите состав и массу полученной соли. *Ответ*
29. После сжигания смеси сероводорода с избытком кислорода ее объем уменьшился на  $67,2 \text{ дм}^3$  (н. у.). Полученный газ пропустили через  $285,7 \text{ см}^3$  раствора  $\text{NaOH}$  ( $\omega = 40 \%$ ,  $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ ). Определите состав и массовую долю полученной соли. *Ответ*
30. Сожгли  $5,6 \text{ дм}^3$  (н. у.) газа, состоящего (% по массе) из  $20 \%$  водорода и  $80 \%$  углерода и имеющего относительную плотность по водороду  $15$ . Образовавшийся газ (н. у.) пропустили через раствор, полученный взаимодействием  $20 \text{ г}$  неизвестного металла с водой. Определите состав и массу полученной соли, если известно, что при взаимодействии  $20 \text{ г}$  металла с водой получается гидроксид металла (II) и выделяется  $11,2 \text{ дм}^3$  газа (н. у.). *Ответ*
31. Оксид железа (III) массой  $48 \text{ г}$  полностью восстановили до металла нагреванием в токе  $\text{CO}$ . Полученный при этом газ пропустили через раствор, образованный взаимодействием  $36 \text{ г}$   $\text{Ca}$  с избытком воды. Установите состав и массу полученной соли. *Ответ*

Начало

Содержание



Страница 177 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Кафедра  
химии

32. Фосфор, полученный из 15,5 г ортофосфата кальция, полностью окислили избытком кислорода и продукт растворили в 250 см<sup>3</sup> раствора, содержащего 0,8 моль NaOH ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ). Найдите состав и массовые доли веществ в полученном растворе. *Ответ*
33. Оксид фосфора (V), полученный при полном окислении 1,55 г фосфора избытком кислорода, пропущен через 3,7 дм<sup>3</sup> раствора с  $\omega(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,1 \%$  ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ). Укажите молярную массу полученной соли. *Ответ*
34. В воде растворили оксид натрия и вещество, полученное при сжигании фосфора в избытке кислорода, затем раствор выпарили. Какое вещество находится в сухом остатке, если использовались равные массы оксида натрия и фосфора? *Ответ*
35. Углекислый газ объемом 1,568 дм<sup>3</sup> (н. у.) пропускают через раствор, содержащий 3,2 г гидроксида натрия. Определите состав и химические количества полученных солей. *Ответ*
36. Сероводород объемом 11,2 дм<sup>3</sup> (н. у.) пропускают через раствор, содержащий 40 г КОН. Найдите состав и массы полученных веществ. *Ответ*
37. Хлорид натрия массой 117 г обработали при нагреве концентрированной серной кислотой, содержащей 147 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Определите химическое количество солей в смеси после реакции. *Ответ*
38. Аммиак объемом 8,96 дм<sup>3</sup> (н. у.) пропустили через 250 г раствора с  $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 10 \%$ . Определите состав и химические количества полученных солей. *Ответ*
39. Смешали растворы, содержащие 5,88 г H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и 8,4 г КОН. Определите состав и химическое количество полученных солей. *Ответ*
40. Полностью сожгли 5,6 дм<sup>3</sup> (н. у.) бутана и полученный газ пропустили через раствор массой 520 г с  $\omega(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 19,7 \%$ . Определите массовую долю вещества в полученном растворе. *Ответ*

Начало

Содержание



Страница 178 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

## Занятия 15–16. Основные типы расчетов в органической химии

**Теоретический материал.** Основные классы органических соединений. Основные типы качественных и количественных задач в органической химии. Цепочки превращений.

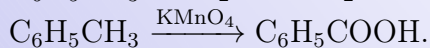
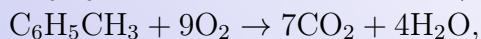
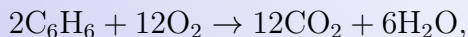
### Контрольные вопросы

1. Теория строения органических веществ.
2. Классификация органических веществ.
3. Понятие о гомологах и изомерах.
4. Виды изомерии.
5. Генетическая связь между классами органических соединений.
6. Качественные реакции в органической химии.
7. Типы математических расчетов в органической химии.

### Примеры решения задач

**Задача 1.** При окислении смеси бензола и толуола раствором  $\text{KMnO}_4$  получено 8,54 г кислоты, которая с избытком  $\text{NaHCO}_3$  выделяет газ, объем которого в 19 раз меньше объема того же газа, полученного при полном сгорании такого же количества исходной смеси. Найдите массовые доли УВ в их смеси.

### Решение



$$n(\text{кислоты}) = \frac{8,54 \text{ г}}{122 \text{ г/моль}} = 0,07 \text{ моль}.$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 179 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

$$\begin{aligned}
 n(\text{CO}_2) &= n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 0,07 \text{ моль}, \\
 n(\text{CO}_2)_{\text{при сгор.}} &= 0,07 \text{ моль} \cdot 19 = 1,33 \text{ моль}, \\
 n(\text{C}_7\text{H}_8) &= n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 0,07 \text{ моль}, \\
 n(\text{CO}_2)_{\text{при сгор. толуола}} &= 0,07 \text{ моль} \cdot 19 = 1,33 \text{ моль}, \\
 n(\text{CO}_2)_{\text{при сгор. бензола}} &= 1,33 \text{ моль} - 0,49 \text{ моль} = 0,84 \text{ моль}. \\
 n(\text{C}_6\text{H}_6) &= 1/6 \cdot 0,84 \text{ моль} = 0,14 \text{ моль}, \\
 m(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) &= 6,44 \text{ г}, \\
 m(\text{C}_6\text{H}_6) &= 0,14 \text{ моль} \cdot 78 \text{ г/моль} = 10,92 \text{ г}. \\
 m(\text{смеси}) &= 6,44 \text{ г} + 10,92 \text{ г} = 17,36 \text{ г}. \\
 \omega(\text{C}_6\text{H}_6) &= \frac{10,92}{17,36} = 0,63 \text{ (63 \%)}, \\
 \omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) &= \frac{6,44}{17,36} = 0,37 \text{ (37 \%)}.
 \end{aligned}$$

Ответ: 63 %; 37 %.

**Задача 2.** При дегидрировании бутана получили смесь бутена-1, *транс*-бутена-2, *цис*-бутена-2 и бутадиена-1,3. Относительная плотность по водороду этой смеси равна 27,4. Какую массу брома может присоединить 6,72 дм<sup>3</sup> (н. у.) такой смеси?

### Решение

$$\begin{aligned}
 M(\text{смеси}) &= 27,4 \cdot 2 \text{ г/моль} = 54,8 \text{ г/моль}, \\
 n(\text{смеси}) &= \frac{6,72 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 0,3 \text{ моль}, \\
 m(\text{смеси}) &= 0,3 \text{ моль} \cdot 54,8 \text{ г/моль} = 16,44 \text{ г}. \\
 n(\text{C}_4\text{H}_6) &= x \text{ моль}, \\
 n(\text{C}_4\text{H}_8) &= y \text{ моль}.
 \end{aligned}$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,3 \\ 54x + 56y = 16,44 \end{cases}$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 180 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

$$x = 0,3 - y,$$

$$54(0,3 - y) + 56y = 16,44,$$

$$16,2 - 54y + 56y = 16,44,$$

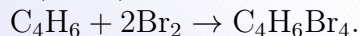
$$2y = 0,24,$$

$$y = 0,12,$$

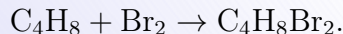
$$x = 0,18.$$

$$n(\text{C}_4\text{H}_6) = 0,18 \text{ моль},$$

$$n(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,12 \text{ моль}.$$



$$N(\text{Br}_2) = 0,18 \text{ моль} \cdot 2 = 0,36 \text{ моль}.$$



$$n(\text{Br}_2) = n(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,12 \text{ моль},$$

$$n(\text{Br}_2)_{\text{общ}} = 0,12 \text{ моль} + 0,36 \text{ моль} = 0,48 \text{ моль},$$

$$m(\text{Br}_2) = 0,48 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 76,8 \text{ г}.$$

*Ответ:* 76,8 г.

### *Задачи для самостоятельного решения*

1. Напишите структурные формулы алканов и назовите их по рациональной номенклатуре.

- 2,2,3,4-тетраметилпентан,
- 2,3,6-триметил-3-этилгептан.
- 2,4-диметил-3-этилгексан,
- 4-трет-бутил-3-метилоктан,
- 2,2,3,3,4,4-гексаметилгексан,
- 3-изопропил-2,4-диметил-3-этилгексан,
- 2,2,3,3,6-пентаметилгептан,
- 3-изопропил-2,2,3,4-тетраметилпентан,



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 181 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 182 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

- и) 2,5-диметил-3-этилгексан,  
к) 4-изопропил-3,4-диметилгептан,  
л) 2-метил-3-этилгексан,  
м) 2,5-диметил-3-этилгексан,  
н) 3,5-диметил-4-пропилгептан,  
о) 2,4-диметил-3-этилгексан.
2. При сгорании органического вещества массой 4,8 г образовалось 3,36 л  $\text{CO}_2$  (н. у.) и 5,4 г воды. Плотность паров органического вещества по водороду равна 16. Определите молекулярную формулу исследуемого вещества. *Ответ*
3. Вычислите массу уксусной кислоты, которую можно получить из 44,8 л (н. у.) ацетилена, если потери на каждой стадии получения составляют в среднем 20 %. *Ответ*
4. Смесь этана и этилена объемом 3 л пропустили через поглотительную склянку, содержащую 200 мл 3 %-й бромной воды ( $d = 1,02$  г/мл). При этом образовалось 4,7 г дибромэтана. Рассчитайте состав смеси углеводородов в объемных процентах. *Ответ*
5. У продукта присоединения брома к непредельному углеводороду плотность по водороду равна 94. Установите формулу этого соединения. *Ответ*
6. При дегидратации одноатомного спирта получили углеводород этиленового ряда, 14 г которого способны реагировать с 40 г брома. Определите этот спирт. *Ответ*
7. Ароматический углеводород состава  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  при окислении превращается в кислоту. Если эта кислота массой 16,6 г прореагирует с кальцием, выделится 2,24 л водорода. Определите строение ароматического углеводорода. *Ответ*
8. Имеется 10 дм<sup>3</sup> (н. у.) смеси метаналя и водорода с относительной плотностью по воздуху 0,798. К продукту, полученному после пропускания этой смеси над катализатором, добавили 4,6 г натрия. Чему равен объем полученного при этом газа? *Ответ*



Кафедра  
химии

9. Смесь фенола и гомолога бензола общей массой 14,7 г обработали избытком бромной воды и получили 33,1 г осадка. Мольное отношение фенола к гомологу равно 2 : 1. Определите формулу гомолога бензола? *Ответ*
10. Смесь общей массой 50,8 г пропаналя и другого насыщенного альдегида (его массовая доля в смеси 2,95 %) полностью восстановили водородом и получили 52,6 г смеси спиртов. Какова формула примесного альдегида. *Ответ*
11. Натриевую соль насыщенной монокарбоновой кислоты (НМК) растворили в избытке раствора серной кислоты массой 27,54 г. Образовался раствор массой 32,46 г, в котором массовая доля сульфата натрия 13,12 %. Установите формулу исходной соли. *Ответ*
12. Какую массу раствора с массовой долей уксусной кислоты 90 % можно получить при каталитическом окислении 56 дм<sup>3</sup> (н. у.) бутана при выходе реакции 60 %? *Ответ*
13. Имеется водный раствор, содержащий муравьиную и уксусную кислоты. При обработке 10 г этого раствора избытком КНСО<sub>3</sub> получено 1,12 дм<sup>3</sup> (н. у.) газа, а при действии избытка оксида серебра (I) – 4,32 г осадка. Найдите массовые доли кислот в смеси. *Ответ*
14. При гидролизе сложного эфира, молярная масса которого равна 130 г/моль, образуется насыщенная одноосновная кислота и третичный спирт. Определите строение эфира, если известно, что в натриевой соли кислоты массовая доля натрия 23,96 %. *Ответ*
15. При взаимодействии 11,5 г муравьиной кислоты с этанолом получено 14,8 г эфира. Определите его выход и объем израсходованного спирта (плотность 0,8 г/см<sup>3</sup>), если спирт был взят с двукратным избытком. *Ответ*
16. Для полного гидролиза смеси этиловых эфиров уксусной и пропионовой кислот нужно 40 г раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 20 %. При сгорании такой же массы смеси эфиров получено 20,16 дм<sup>3</sup> (н. у.) углекислого газа. Определите массовые доли эфиров в смеси. *Ответ*

Начало

Содержание



Страница 183 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

17. Жир массой 44,5 г, представляющий триглицерид только одной НИК, нагрели с  $70 \text{ см}^3$  раствора гидроксида натрия с массовой долей 20 % (плотность раствора  $1,2 \text{ г/см}^3$ ). Для нейтрализации избытка щелочи нужно  $22,5 \text{ см}^3$  раствора соляной кислоты с массовой долей HCl, равной 36,5 % (плотность раствора  $1,2 \text{ г/см}^3$ ). Какие органические вещества были получены при гидролизе жира и каковы их массы? *Ответ*



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 184 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



## Занятия 17–18. Решение олимпиадных задач по химии

*Теоретический материал.* Основные типы олимпиадных задач по химии. Методы решения усложненных расчетных задач.

### Контрольные вопросы

1. Особенности содержания задач олимпиадного уровня.
2. Основные типы олимпиадных задач по химии.
3. Особенности подготовки учащихся к олимпиаде по химии: школьной, районной, областной, республиканской.

Олимпиадные задания по химии можно разделить на три группы.

1. **Тестовые задания.**
2. Математические задачи с химическим содержанием.
3. **Задания практического тура.**

### 1. Пример тестового задания

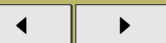
- 1) Укажите последовательность, в которой частицы расположены в порядке возрастания в них валентного угла  $\text{H} - \text{N} - \text{H}$ :  
а)  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_2^-$ ;                      в)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ;                      д)  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ;  
б)  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NH}_3$ ;                      г)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_2^-$ ;                      е)  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ .
- 2) При электролизе водного раствора сульфата натрия на катоде выделилось  $10,0 \text{ дм}^3$  (н. у.) газа. Чему равна масса газа, выделившегося на аноде:  
а) 14,28 г;      б) 12,62;      в) 7,14 г;      г) 6,31 г;      д) 3,57 г;      е) 3,16 г?
- 3) Наибольшей температурой плавления среди указанных простых веществ обладает:  
а) алюминий;                      в) ромбическая сера;                      д) хлороводород;  
б) хром;                      г) белый фосфор;                      е) озон?
- 4) Молярная концентрация хлороводорода в его 36,0 %-ном растворе равна  $12,0 \text{ моль/дм}^3$ . Плотность такого раствора равна:  
а)  $1,098 \text{ г/см}^3$ ; б)  $1,109 \text{ г/см}^3$ ; в)  $1,114 \text{ г/см}^3$ ; г)  $1,217 \text{ г/см}^3$ ; д)  $1,282 \text{ г/см}^3$ ; е)  $1,322 \text{ г/см}^3$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 185 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

- 5) При воздействии озона на  $\text{NO}_2$  образуется два вещества, одним из которых является  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Вторым продуктом этой реакции является:
- а)  $\text{N}_2$ ;      б)  $\text{O}_2$ ;      в)  $\text{NO}$ ;      г)  $\text{N}_2\text{O}$ ;      д)  $\text{N}_2\text{O}_3$ ;      е)  $\text{N}_2\text{O}_4$ .
- 6) В процессе титрования соляной кислоты раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина при постоянном перемешивании малиновая окраска появилась и через некоторое время исчезла. Что следует сделать для восстановления окраски:
- а) добавить несколько капель раствора фенолфталеина;  
 б) тщательно перемешать раствор;  
 в) добавить к раствору каплю соляной кислоты;  
 г) добавить к раствору каплю раствора щелочи;  
 д) подождать несколько секунд;  
 е) разбавить смесь равным объемом воды?
- 7) Какое выражение справедливо по отношению к 1,00 М водному раствору ортофосфорной кислоты ( $c$  – молярная концентрация соответствующих частиц):
- а)  $c(\text{PO}_4^{3-}) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 1,00$ ;  
 б)  $c(\text{HPO}_4^{2-}) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 1,00$ ;  
 в)  $c(\text{PO}_4^{3-}) + c(\text{HPO}_4^{2-}) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 1,00$ ;  
 г)  $c(\text{PO}_4^{3-}) + c(\text{HPO}_4^{2-}) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ;  
 д)  $3 \cdot c(\text{PO}_4^{3-}) + 2 \cdot c(\text{HPO}_4^{2-}) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+)$ ;  
 е)  $c(\text{PO}_4^{3-}) + c(\text{HPO}_4^{2-}) + c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) + c(\text{H}^+) + c(\text{OH}^-) = 0$ ?
- 8) Для количественного определения  $\text{NaHCO}_3$  в растворе можно использовать его титрование соляной кислотой. Угольная кислота является слабой кислотой ( $K_{a1} = 2,5 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_{a2} = 2,4 \cdot 10^{-8}$ ). Какой из перечисленных индикаторов наиболее подходит для определения точки эквивалентности при таком титровании:
- а) метиловый оранжевый  $pK_{\text{инд}} = 3,7$ ;  
 б) бромтимоловый голубой  $pK_{\text{инд}} = 7,0$ ;  
 в) феноловый красный  $pK_{\text{инд}} = 8,0$ ;  
 г) тимолфталеин  $pK_{\text{инд}} = 9,6$ ;  
 д) фенолфталеин  $pK_{\text{инд}} = 10,3$ ;  
 е) ализариновый желтый  $pK_{\text{инд}} = 12,3$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание

«    »

Страница 186 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



Кафедра  
химии

- 9) Радиоактивный нуклид азот-13 (время распада равно 10 минут) используется в медицине для получения изображения внутренних органов. Пациенту сделали инъекцию препарата, содержащего азот-13, с суммарной активностью 40 микроюри (мкКи). Какой будет активность препарата в организме человека через 25 минут:  
а) 0,75 мкКи; б) 3,5 мкКи; в) 7,1 мкКи; г) 10,2 мкКи; д) 12,0 мкКи; е) 14,9 мкКи?
- 10) К щелочам относится:  
а)  $Mg(OH)_2$ ; б)  $Ca(OH)_2$ ; в)  $Cr(OH)_2$ ; г)  $Mn(OH)_2$ ; д)  $Fe(OH)_2$ ; е)  $Zn(OH)_2$ .
- 11) Железо образует оксиды  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ . при образовании каждого из них химическим количеством 1 моль из простых веществ выделяется соответственно 272,0 кДж, 824,2 кДж и 1118,4 кДж теплоты. Каким будет тепловой реакции образования  $Fe_3O_4$  из  $FeO$  и  $Fe_2O_3$ :  
а) 1074 кДж; б) 249,8 кДж; в) -22,2 кДж; г) 2214,6 кДж; д) 1096,4 кДж; е) 537,2 кДж?
- 12) Число хлопкопроизводных толуола состава  $C_7H_7Cl$  равно:  
а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5; е) 6.
- 13) В водном растворе с молярной концентрацией бензойной кислоты 0,045 М величина рН равна 2,77. Чему равна константа кислотной диссоциации бензойной кислоты:  
а)  $8,1 \cdot 10^{-3}$ ; б)  $3,7 \cdot 10^{-4}$ ; в)  $6,7 \cdot 10^{-5}$ ; г)  $5,2 \cdot 10^{-6}$ ; д)  $2,9 \cdot 10^{-7}$ ; е)  $4,8 \cdot 10^{-8}$ .
- 14) В качестве восстановителя в органической химии используется:  
а)  $LiAlCl_4$ ; б)  $BaZn(OH)_4$ ; в)  $NaBH_4$ ; г)  $NaCl_4$ ; д)  $CsClO_4$ ; е)  $NH_4BF_4$ .
- 15) В каком гибридном состоянии находится атом углерода в карбоксильной группе:  
а) sp; б)  $sp^2$ ; в)  $sp^3$ ; г)  $sp^3d^2$ ; д)  $d^2sp^3$ ; е)  $dsp^2$ .
- 16) Относительная плотность по озону больше 1 имеет:  
а)  $H_2S$ ; б)  $O_2$ ; в)  $HCl$ ; г)  $C_3H_8$ ; д)  $Cl_2$ ; е)  $SiH_4$ .
- 17) Молекула углеводорода содержит 12 атомов углерода, один шестичленный цикл и две двойные связи углерод-углерод. Число атомов в молекуле этого углеводорода равно:  
а) 20; б) 24; в) 26; г) 28; д) 30; е) 32.

Начало

Содержание



Страница 187 из 251

Назад

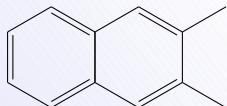
На весь экран

Заккрыть

18) Вещества  $C_3H_8$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $CH_3OCH_3$  имеют примерно равные молярные массы. Укажите ряд, в котором эти вещества расположены в порядке увеличения в них силы межмолекулярного взаимодействия:

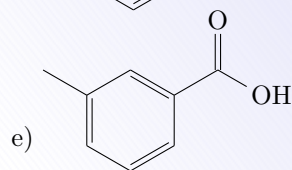
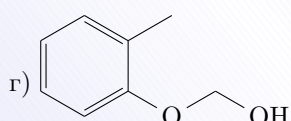
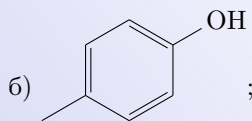
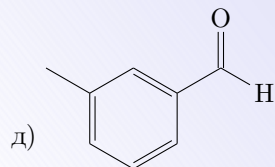
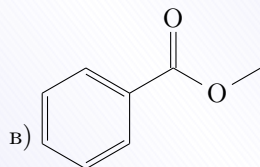
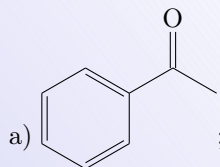
- а)  $C_3H_8$ ,  $CH_3OCH_3$ ,  $C_2H_5OH$ ;                      г)  $C_2H_5OH$ ,  $CH_3OCH_3$ ,  $C_3H_8$ ;  
 б)  $C_3H_8$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $CH_3OCH_3$ ;                      д)  $CH_3OCH_3$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_2H_5OH$ ;  
 в)  $C_2H_5OH$ ,  $C_3H_8$ ,  $CH_3OCH_3$ ;                      е)  $CH_3OCH_3$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $C_3H_8$ .

19) Из какого числа атомов состоит молекула:



- а) 20;                      б) 22;                      в) 24;                      г) 26;                      д) 28;                      е) 30.

20) Какое вещество образуется при взаимодействии  $CH_3OH$  и  $C_6H_5COOH$ :



## 2. Примеры решения задач олимпиадного уровня

**Задача 1.** Химические элементы кислород и сера расположены в одной группе периодической системы, а поэтому они могут замещать друг друга в составе химических соединений. При этом сернистые аналоги солей кислородсодержащих кислот принято называть тиосолями. Одна из наиболее употребительных тиосолей (вещество **А**) может быть получена реакцией простого вещества с соединением **Б**,



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 188 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

содержащим 36,48 % натрия и 25,44 % серы по массе.

1. Установите состав веществ **A** и **B** и приведите уравнение реакции синтеза. Изобразите структуру аниона тиосоли **A**.
2. Мышьяк образует по меньшей мере три сульфида. Зная, что один из этих сульфидов содержит по массе 70,0 % одного из элементов, предложите возможный их химический состав.
3. Один из этих сульфидов мышьяка носит тривиальное название *аурипигмент*. Какова его окраска?
4. Если сульфид, содержащий мышьяк в максимальной степени окисления, внести в концентрированный раствор гидроксида калия, то образуется преимущественно раствор двух тиосолей **B** и **Г**. При подкислении этого раствора в осадок выпадает исходный сульфид. Установлено, что соль **B** состоит из трех элементов, а соль **Г** содержит 43,08 % калия по массе. Установите состав **B** и **Г**. Запишите уравнения упомянутых реакций, если они не являются окислительно-восстановительными. Какие еще соли могут содержаться в щелочном растворе в небольших количествах?

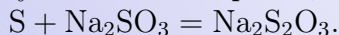
### Решение

1. Сумма массовых долей элементов в составе соединения **B** не равна 100 %. Если предположить, что остаток приходится на кислород, то:

$$N(\text{Na}) : N(\text{S}) : N(\text{O}) = \frac{36,48}{22,99} : \frac{25,44}{32,07} : \frac{100 - 36,48 - 25,44}{16,00} = 2 : 1 : 3.$$

Молекулярная формула соединения **B** –  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (сульфит натрия).

Но это обычная соль кислородсодержащей кислоты. Чтобы она стала тиосолью, ее нужно ввести в реакцию с простым веществом серой:



Тогда **A** –  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (тиосульфат натрия).

Анион этой соли является сернистым аналогом сульфата:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание

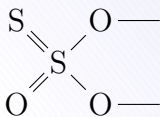


Страница 189 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



2. Используем численные данные. Если 70,0 % – это массовая доля мышьяка, то:

$$N(\text{As}) : N(\text{S}) = \frac{70,0}{74,92} : \frac{100 - 70,0}{32,07} = 1 : 1.$$

Проверка обратной гипотезы не приводит к соединению стехиометрического состава или с разумными степенями окисления элементов (состав кратен  $\text{AsS}_{5,45}$ ). Самый простой состав имеет сульфид  $\text{As}_4\text{S}_4$  (реальгар).

Учитывая, что для мышьяка характерны степени окисления +3 и +5, для двух других сульфидов стоит ожидать состава  $\text{As}_2\text{S}_3$  и  $\text{As}_2\text{S}_5$ .

3. Исторически сульфиды мышьяка использовались как пигменты. Аурипигмент ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ), как следует из названия, имеет золотистую (желтую) окраску.

4. Мышьяк в максимальной степени окисления содержится в сульфиде  $\text{As}_2\text{S}_5$ .

По условию при его растворении в щелочи протекает реакция образования тиосолей, которая может быть обращена добавлением кислоты.

Тиосоли должны содержать калий, мышьяк, серу и, возможно, кислород, а поскольку степени окисления атомов не менялись, можно предположить их обобщенный состав в виде  $\text{K}_3\text{AsS}_x\text{O}_{4-x}$ .

Очевидно, что **B** =  $\text{K}_3\text{AsS}_4$  (трехэлементное вещество).

Для установления состава **Г** используем общую формулу и массовую долю калия:

$$0,4308 = \frac{39,1 \cdot 3}{39,10 \cdot 3 + 74,92 + 32,07 \cdot x + 16,00 \cdot (4 - x)}, \text{ откуда } x = 1,$$

**Г** =  $\text{K}_3\text{AsO}_3$ .



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



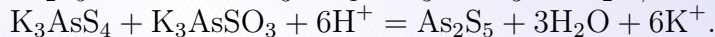
Страница 190 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Протекали реакции:



При действии щелочи в незначительных количествах образуются и другие соли ряда:  $\text{K}_3\text{AsS}_2\text{O}_2$ ,  $\text{K}_3\text{AsS}_3\text{O}$ ,  $\text{K}_3\text{AsO}_4$ .

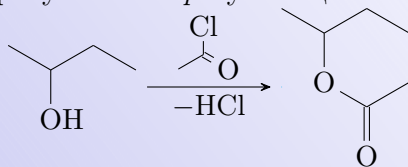
**Задача 2.** Химическое количество кислорода, необходимого для полного сжигания навески предельного одноатомного спирта **A**, молекула которого имеет неразветвленное строение, в шесть раз превышает его химическое количество в навеске.

Навеску **A** обработали избытком водного щелочного раствора перманганата калия и при последующем подкислении смеси получили вещество **B**. Навеску **B** массой 1,24 г растворили в 50,0 г раствора гидроксида бария с массовой долей 15,6 %. Полученный раствор выпарили, а полученный твердый остаток прокалили при 600 °С.

1. Установите молекулярную формулу спирта **A**.
2. Приведите структурные формулы и названия всех изомеров **A**.
3. Какой из изомеров **A** при н. у. представляет собой твердое кристаллическое вещество?
4. Рассчитайте массовую долю гидроксида бария в растворе, который образовался после растворения навески **B**.
5. Приведите уравнение химических реакций, которые протекают при прокаливании белого твердого остатка.

### Решение

1. Приведена формула (*R*)-(-)-2-метил-1-хлорбутана.
2. Образуется *втор*-бутилацетат:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



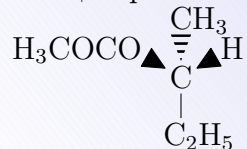
Страница 191 из 251

Назад

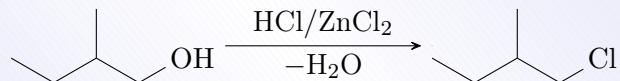
На весь экран

Заккрыть

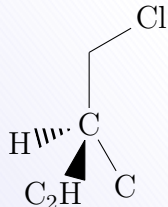
Конфигурация хирального центра такая же, как в исходном веществе:



Это (*R*)-(-)-втор-бутилацетат.



Поскольку реакция протекает без изменения конфигурации хирального центра, то образуется продукт с такой же конфигурацией, как в реагенте:



Это (*S*)-(+)-2-метил-1-хлорбутан.

Поскольку энантимеры одного вещества вращают плоскость поляризации света на одинаковый угол, но в противоположных направлениях, то у данного изомера оно будет равно  $[\alpha]^{25} = +1,64$  (в условии задачи приведено удельное вращение для (*R*)-изомера, равное  $[\alpha]^{25} = -1,64$ ).

**Задача 3.** В лаборатории имеются следующие вещества: серная кислота, соляная кислота, гидроксид алюминия, гидроксид бария. Составьте формулы всех возможных солей, которые могут быть получены из указанных веществ. Назовите их.

**Решение**

Средние соли:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 192 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть



$\text{BaSO}_4$  – сульфат бария,  
 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – сульфат алюминия,  
 $\text{BaCl}_2$  – хлорид бария,  
 $\text{AlCl}_3$  – хлорид алюминия,  
 $\text{Ba}(\text{AlO}_2)_2$  – метаалюминат бария.

Кислые соли:

$\text{Ba}(\text{HSO}_4)_2$  – гидросульфат бария,  
 $\text{Al}(\text{HSO}_4)_3$  – гидросульфат алюминия.

Основные соли:

$[\text{Ba}(\text{OH})_2]\text{SO}_4$  – сульфат гидроксобария,  
 $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$  – сульфат гидроксиалюминия,  
 $[\text{Al}(\text{OH})_2]_2\text{SO}_4$  – сульфат дигидроксиалюминия,  
 $\text{Ba}(\text{OH})\text{Cl}$  – хлорид гидроксобария,  
 $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$  – хлорид гидроксиалюминия,  
 $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$  – хлорид дигидроксиалюминия.

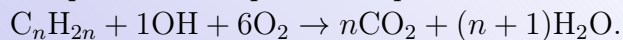
Комплексные соли:

$\text{Ba}[\text{Al}(\text{OH})_4]_2$  – тетрагидроксиалюминат бария,  
 $\text{Ba}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]_2$  – гексагидроксиалюминат бария,  
 $\text{Ba}[\text{AlCl}_4]_2$  или  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{AlCl}_3$  – тетрахлороалюминат бария,  
 $\text{Ba}_3[\text{AlCl}_6]_2$  или  $3\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{AlCl}_3$  – гексахлороалюминат бария.

Кроме приведенных возможны и другие, более экзотические соли, содержащие два аниона, два катиона, гидроксогруппы и два аниона.

#### **Задача 4**

1. Уравнение сгорания спирта:



Баланс по кислороду в правой и левой частях уравнения дает:

$$1 + 12 = 2n + (n + 1).$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 193 из 251

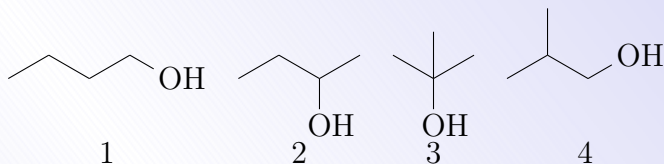
Назад

На весь экран

Закреть

Решая это уравнение, получим  $n = 4$ . Формула спирта  $C_4H_9OH$ .

2. Изомеры:



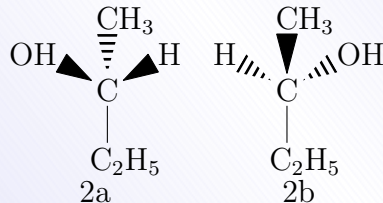
1 – бутанол-1;

2 – бутанол-2;

3 – 2-метилпропанол-2;

4 – 2-метилпропанол-1.

Изомер (2) существует в виде пары энантиомеров:



2a – (*R*)-бутанол-2

2b – (*S*)-бутанол-2

3. При н. у. изомеры бутанола (1), (2) и (4) представляют собой жидкости.

Изомер (3) представляет собой твердое вещество ( $t_{пл.} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

4. При окислении щелочным раствором перманганата и последующем подкислении образуется бутановая кислота:



Кафедра  
химии

Начало

Содержание

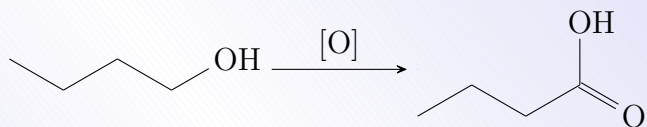


Страница 194 из 251

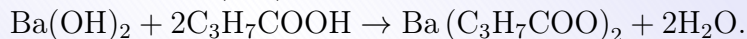
Назад

На весь экран

Закреть



В растворе  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  протекает реакция:



$M(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 171 \text{ г/моль}$ .

$M(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}) = 88 \text{ г/моль}$ .

В исходном растворе содержалось  $\frac{50 \cdot 0,156}{171} = 0,0456$  моль  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

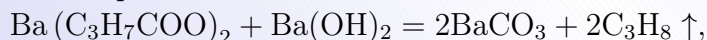
К раствору добавили  $\frac{1,24}{88} = 0,0141$  моль бутановой кислоты.

С этим количеством прореагирует  $\frac{0,0141}{2} = 0,00705$  моль  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

После реакции в растворе осталось  $(0,0456 - 0,00705) = 0,03855$  (моль), или  $0,03855 \cdot 171 = 6,59$  (г)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

Массовая доля  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в конечном растворе  $\frac{6,59}{50+1,24} = 0,129 = 12,9 \%$ .

Поскольку в растворе есть избыток  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , то при прокаливании смеси будут протекать реакции:



**Задача 5.** Смесь массой 9,34 г, состоящую из порошков железа и меди, поместили в трубчатую печь и длительное время нагревали в токе сухого хлора. Полученный твердый продукт массой 19,67 г поместили в мерную колбу объемом 250 см<sup>3</sup>, содержащую 100 см<sup>3</sup> 36 %-й соляной кислоты с плотностью 1180 г/дм<sup>3</sup>. После полного растворения твердого продукта раствор разбавили до метки дистиллированной водой, причем образовавшийся раствор имел плотность 1196 г/дм<sup>3</sup>. В стакан поместили порцию приготовленного раствора объемом 50,0 см<sup>3</sup> и внесли железную пластинку массой 35,54 г. Через некоторое время пластинку вынули из раствора, промыли дистиллированной водой и взвесили. Масса пластинки оказалась равной 32,20 г.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 195 из 251

Назад

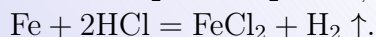
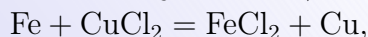
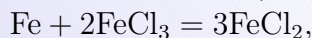
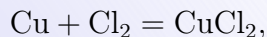
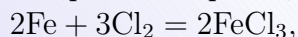
На весь экран

Закреть

1. Приведите молекулярные уравнения химических реакций, протекающих в описанном эксперименте.
2. Рассчитайте массовую долю железа в исходной смеси металлов, приняв во внимание, что потери конечного продукта хлорирования при извлечении из печи составили 5,46 %.
3. Установите качественный состав раствора в стакане после окончания эксперимента и рассчитайте массовую долю соли железа в нем.

### Решение

1. Протекали реакции:



2.  $M(\text{Fe}) = 55,8$  г/моль.

$M(\text{Cu}) = 63,5$  г/моль.

$M(\text{FeCl}_3) = 162$  г/моль.

$M(\text{CuCl}_2) = 134,5$  г/моль.

Пусть в исходной смеси содержалось  $x$  грамм Fe и  $(9,34 - x)$  г Cu.

С учетом потерь при хлорировании образовалось  $\frac{19,67}{1-0,0546} = 20,81$  г смеси  $(\text{FeCl}_3 + \text{CuCl}_2)$ .

$$20,81 = 162 \cdot \frac{x}{55,8} + 134,5 \cdot \frac{(9,34-x)}{63,5}.$$

Решая это уравнение, получим  $x = 1,31$  г.

Массовая доля железа в смеси равна  $\frac{1,31}{9,34} = 0,145 = 14,5$  %.

3. В 250 см<sup>3</sup> раствора содержалось  $(1 - 0,0546) \cdot \frac{1,31}{55,8} = 0,0222$  моль FeCl<sub>3</sub> и  $(1 - 0,0546) \cdot \frac{9,34-1,31}{63,5} = 0,1196$  моль CuCl<sub>2</sub>.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 196 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

В 50,0 см<sup>3</sup> раствора ( $\frac{1}{5}$  часть исходного раствора) содержится  $\frac{0,0222}{5} = 4,44$  ммоль FeCl<sub>3</sub> и  $\frac{0,1196}{5} = 23,9$  ммоль CuCl<sub>2</sub>.

Сначала железная пластинка будет реагировать с FeCl<sub>3</sub> (при этом масса пластинки уменьшится на  $55,8 \cdot \frac{4,44}{2} = 124$  мг), затем будет протекать реакция с CuCl<sub>2</sub> (при этом масса пластинки увеличится на  $23,9 \cdot (63,5 - 55,8) = 184$  мг), а затем начнется растворение железа в HCl (за счет этого процесса масса пластинки будет уменьшаться).

В HCl растворилось  $(35,54 - 32,20 + 0,184 - 0,124) = 3,40$  г, или ммоль Fe и выделилось 60,9 ммоль, или  $60,9 \cdot 2 = 122$  мг = 0,122 г водорода.

Масса раствора в стакане после окончания эксперимента будет равна:

$$(50,0 \cdot 1,196 - 0,122 + (35,54 - 32,20)) = 63,02 \text{ г.}$$

Из FeCl<sub>3</sub> образовалось  $4,44 \cdot 1,5 = 6,66$  ммоль FeCl<sub>2</sub>, из CuCl<sub>2</sub> образовалось 23,9 ммоль FeCl<sub>2</sub>, при растворении Fe в HCl образовалось 60,9 ммоль FeCl<sub>2</sub>. В растворе содержится  $(6,66 + 23,9 + 60,9) = 91,46$  ммоль FeCl<sub>2</sub>. ( $M(\text{FeCl}_2) = 126,8$  г/моль).

Массовая доля FeCl<sub>2</sub> в растворе  $\frac{0,09146 \cdot 126,8}{63,02} = 0,184 = 18,4$  %.

**Задача 6.** Навеску смеси углерода и серы поместили в реактор объемом 4,48 дм<sup>3</sup>, заполненный при н. у. воздухом (21,0 % кислорода по объему, остальное азот). Смесь подожгли и после полного ее сгорания температура в реакторе поднялась до 114 °С, а относительная плотность по гелию газовой смеси в реакторе увеличилась в 1,129 раза по сравнению с начальной. После охлаждения реактора до комнатной температуры образовавшуюся газовую смесь пропустили через поглотительную склянку, содержащую 50,0 г раствора с массовой долей гидроксида калия 15,7 %. В результате этого массовая доля щелочи в растворе уменьшилась в 1,905 раза по сравнению с исходной.

1. Рассчитайте давление, которое установилось в реакторе после полного сгорания смеси углерода и серы.
2. Вычислите массу сожженной навески углерода и серы.
3. Рассчитайте массовые доли солей в растворе, образовавшемся в поглотитель-



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 197 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

ной склянке после окончания эксперимента.

## Решение

1. При сгорании не происходит изменение числа молей газообразных продуктов ( $O_2 \rightarrow SO_2$ ,  $O_2 \rightarrow CO_2$ ), поэтому увеличение давления определяется только повышением температуры (термодинамической) газовой смеси.

Температура выросла в 1,418 раз, следовательно, и давление вырастет во столько же раз по сравнению с исходным (нормальным) и станет равным  $101,3 \text{ кПа} \cdot 1,418 = 143,6 \text{ кПа}$ .

2. В реакторе перед сжиганием содержалось

$$n = 4,48/22,4 = 0,200 \text{ (моль) газов.}$$

$$\text{Из них: } n(O_2) = 0,200 \cdot 0,210 = 0,042 \text{ (моль),}$$

$$n(N_2) = 0,200 - 0,042 = 0,158 \text{ (моль).}$$

$$M(O_2) = 32 \text{ г/моль, } M(N_2) = 28 \text{ г/моль.}$$

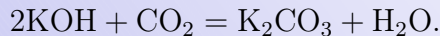
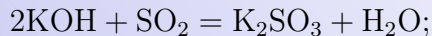
$$\text{Масса начальной смеси газов равна } (32 \cdot 0,042 + 28 \cdot 0,158) = 5,768 \text{ (г).}$$

Поскольку число молей газов после сгорания осталось тем же, то увеличение относительной плотности по гелию обусловлено только увеличением массы (на 12,9 %) газовой смеси за счет перехода в газовую фазу (в состав  $SO_2$  и  $CO_2$ ) сгоревших серы и углерода.

$$\text{Масса сгоревших серы и углерода равна } 5,768 \cdot (1,129 - 1) = 0,744 \text{ (г).}$$

3. Пусть на сгорание смеси серы и углерода было затрачено  $x$  моль кислорода. Общая масса поглощенных щелочью газов  $SO_2$  и  $CO_2$  равна сумме масс сгоревших углерода и серы (0,744 г) и израсходованного кислорода ( $32 \cdot x$  г).

$$\text{Масса образовавшегося раствора будет равна } (50,0 + 0,744 + 32 \cdot x) \text{ г.}$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 198 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Из  $x$  моль  $O_2$  образовалось  $x$  моль смеси ( $SO_2 + CO_2$ ), а на реакцию с этой смесью будет затрачено  $2 \cdot x$  моль  $KOH$ .

$$M(KOH) = 56 \text{ г/моль.}$$

Массовая доля  $KOH$  в конечном растворе равна:

$$15,7/1,905 = 50,0 \cdot 0,157 - 2 \cdot x \cdot 56/50,0 + 0,744 + 32 \cdot x.$$

Решая это уравнение, получим  $x = 0,0320$  (моль).

Пусть в сожженной смеси было  $a$  моль  $S$  и  $b$  моль  $C$ .

$$32 \cdot a + 12 \cdot b = 0,744,$$

$$a + b = 0,032.$$

Решая эту систему уравнений, получим  $a = 0,018$  и  $b = 0,014$ .

Значит в растворе образовалось  $0,018$  моль  $K_2SO_3$  и  $0,012$  моль  $K_2CO_3$ . Масса раствора равна  $(50,0 + 0,744 + 0,032 \cdot 32) = 51,768$  (г).

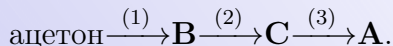
$$M(K_2SO_3) = 158 \text{ г/моль, } M(K_2CO_3) = 138 \text{ г/моль.}$$

$$\omega(K_2SO_3) = 0,018 \cdot 158/51,768 = 5,49 \text{ \%}.$$

$$\omega(K_2CO_3) = 0,014 \cdot 138/51,768 = 3,73 \text{ \%}.$$

**Задача 7.** Соединение **A** представляет собой бесцветные кристаллы, легко подвергающиеся термическому разложению. Благодаря равномерному разложению, это вещество является удобным и важным инициатором свободнорадиальной полимеризации.

Соединение **A** можно получить из ацетона по схеме:



На первой стадии используется циановодород, на второй – гидразин (0,5 экв), на третьей стадии идет окисление хлором.

По данным элементного состава в состав **A** входят атомы трех химических элементов, причем массовая доля углерода равна 58,5.

1. Установите структуру веществ **A**, **B**, **C** и напишите их формулы.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 199 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

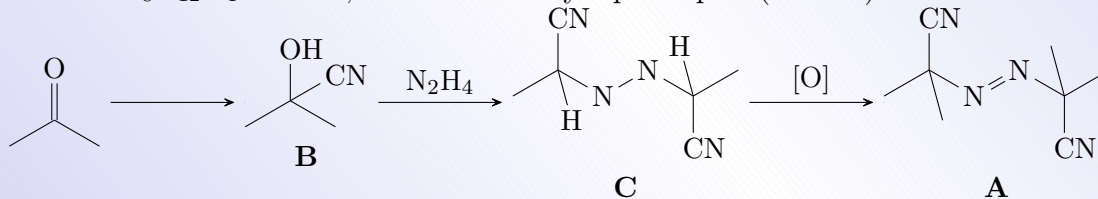
- При разложении одной молекулы **A** образуется два одинаковых радикала. Приведите структурную формулу образующегося радикала и кратко поясните, чем можно объяснить его относительную устойчивость.
- Кратко поясните механизм действия **A** на примере реакции полимеризации стирол.
- Если нагреть раствор **A** в инертном растворителе, то образуются два новых вещества с различными агрегатными состояниями при н. у. Приведите структурные формулы образующихся веществ и кратко поясните свой ответ.

### Решение

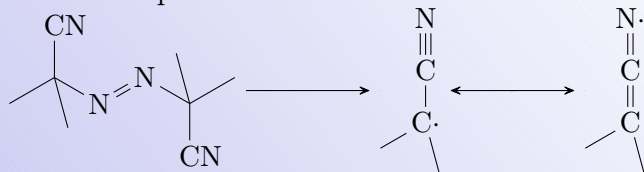
1. Из данных условия можно заключить, что **A** содержит углерод, водород и азот. Присоединение HCN к ацетону дает ацетонциангидрин (**B**).

Разложение **A** на два идентичных радикала и использование половины эквивалента гидразина указывает на отщепление двух молекул воды на второй стадии с образованием симметричного продукта.

Используя массовую долю углерода, можно установить, что состав продукта окисления  $C_8H_{12}N_4$  – это 2,2'-азо-бис-изобутиронитрил (АИБН).



2. Вещество **A** разлагается, образуя устойчивую молекулу азота и два радикала. Эти радикалы довольно стабильны, поскольку являются третичными и в них есть возможность резонанса:



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 200 из 251

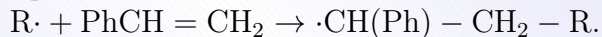
Назад

На весь экран

Закрыть



3. Образующиеся из **A** радикалы R инициируют полимеризацию, присоединяясь к стиролу таким образом, чтобы образовывался стабилизированный бензильный радикал:



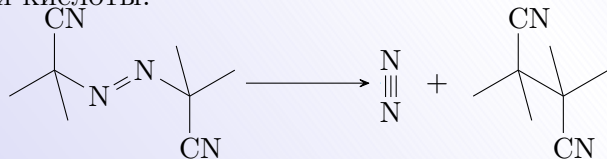
Далее полученный фрагмент присоединяет множество молекул стирола по типу «голова к хвосту»:



Полученные макрорадикалы могут рекомбинировать, диспропорционировать либо передавать цепь на другие вещества.

4. При разложении вещества **A** разрушаются наименее прочные связи углерод-азот. Образующаяся молекула азота переходит в газовую фазу.

При рекомбинации радикалов в растворе образуется динитрил тетраметил-янтарной кислоты:



**Задача 8.** Простой моделью движения иона в растворе можно считать движение заряженного шарика в однородной среде. Д. Стокс установил, что на шарообразную частицу радиусом  $r$ , движущуюся со скоростью  $v$  в среде с вязкостью  $\eta$ , действует сила трения  $F_{\text{тр}} = 6\pi\eta r v$ . Ионы движутся равномерно, когда эта сила уравновешена электростатической силой, равной произведению заряд иона на напряженность электромагнитного поля.

Экспериментально измерив скорость движения иона при заданных условиях и пользуясь уравнением Стокса, можно оценить его радиус. Этот радиус отличается от кристаллографического радиуса.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 201 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Ион	Кристаллографический радиус, А	Стоксовский радиус, А
Li <sup>+</sup>	0,60	2,45
Na <sup>+</sup>	0,98	1,84
K <sup>+</sup>	1,38	–
Ca <sup>2+</sup>	0,99	3,09

1. Экспериментально было установлено, что катион натрия движется в растворе со скоростью 0,050 мм/с при напряженности электромагнитного поля 10 В/см. С какой скоростью в тех же условиях будет двигаться катион Ca<sup>2+</sup>? Приведите ваши расчеты.
2. Рассчитайте примерный объем одной молекулы воды.
3. Рассчитайте число молекул воды в гидратной оболочке ионов Li<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup> в водном растворе.
4. Имеются разбавленные растворы бромида калия в формальдегиде и воде. Качественно проанализируйте уравнение Стокса и укажите, какие факторы и каким образом определяют различия в подвижности ионов.

### Решение

1. Из условия задачи и законов механики следует, что ион движется с постоянной скоростью, когда:

$$F_{\text{эл}} = F_{\text{тр}} \Leftrightarrow qE = 6\pi\eta rv, \text{ где } E - \text{напряженность поля.}$$

Сохранение условий опыта означает постоянство напряженности и вязкости среды (растворителя). Поэтому различие в скорости движения катионов определяется различием их зарядов и радиусов.

$$\frac{q_{\text{Na}}}{q_{\text{Ca}}} = \frac{1}{2} = \frac{q_{\text{Na}}v_{\text{Na}}}{q_{\text{Ca}}v_{\text{Ca}}}$$



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 202 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Подставляя численные значения, находим  $v(\text{Ca}^{2+}) = 0,060$  мм/с.

2. Известно, что при комнатных условиях 1 г воды занимает объем 1 см<sup>3</sup>.  
 $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0$  г/моль.

Тогда на 1 молекулу приходится:

$$V_0 = \frac{V}{N} = \frac{VM}{N_{am}} = \frac{1,0}{1,0} \cdot \frac{18,0}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3,0 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3 = 30 \text{ \AA}^3$$

3. Отличие между стоксовским и собственным радиусом ионов определяется размером сольватной оболочки. Тогда число гидратации (NH) можно найти как:

$$NH = \frac{V_S}{V_0} = \frac{\frac{4}{3}\pi(r_x^3 - r_c^3)}{V_0}.$$

Подстановка значений дает:

$$NH(\text{Li}^+) = \frac{\frac{4}{3}\pi(2,45^3 - 0,60^3)}{30} = 2,0,$$

$$NH(\text{Ca}^{2+}) = \frac{\frac{4}{3}\pi(3,09^3 - 0,99^3)}{30} = 4,0.$$

4. Рассмотрим уравнение Стокса в виде  $qE = 6\pi\eta r v$ .

Если сохранять условия опыта (напряженность поля) и растворенное вещество, то скорость движения иона можно представить как  $v = \frac{\text{const}}{\eta r}$ .

Отличия будут связаны с вязкостью среды (изменение растворителя) и радиусом иона (размер сольватной оболочки). Можно отметить, что подвижность тем выше, чем ниже вязкость и менее сольватирован ион.

**Задача 9.** В первом эксперименте навеску алюминия массой 128 мг полностью растворили в избытке раствора гидроксида калия. Выделившийся газ пропустили через склянку с твердым оксидом фосфора (V), а затем смешали с избытком воздуха и поместили в предварительно откачанный до высокого вакуума герметичный реактор объемом 2,040 дм<sup>3</sup>. При температуре 20,0 °С в реакторе установилось давление 37,64 кПа. Смесь в реакторе взорвалась, а затем охладили до исходной температуры. В результате давление в нем понизилось до 25,55 кПа.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 203 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

1. Приведите молекулярные уравнения реакций, протекающих в первом эксперименте.
2. Рассчитайте массу кислорода в реакторе до взрыва.
3. Рассчитайте объемные доли газов в реакторе после взрыва.

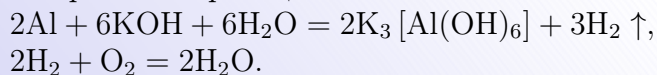
Во втором эксперименте навеску неизвестного металла **X** массой 75,7 мг полностью растворили в избытке разбавленной серной кислоты. Выделяющийся газ пропустили через склянку с твердым оксидом фосфора (V), а затем собрали методом вытеснения воды в предварительно полностью заполненную водой газовую бюретку. При 101,5 кПа и температуре 20,0 °С объем вытесненной из бюретки воды составил 40,90 см<sup>3</sup>.

4. Установите, какой металл использовали во втором эксперименте.
5. Какой металл имеет наиболее близкие к **X** химические свойства? Кратко поясните почему.

(При решении этой задачи примите, что воздух состоит только из кислорода и азота, а их объемные доли соответственно равны 21,0 и 79,0 %. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,314$  Дж/моль·К.)

### Решение

1. Протекали реакции:



2. До взрыва в реакторе содержится

$$\frac{37,64 \cdot 2,040}{8,314 \cdot (273 + 20,0)} = 31,52 \text{ ммоль (смесь газов } \text{H}_2 + \text{O}_2 + \text{N}_2).$$

$$M(\text{Al}) = 27,0 \text{ г/моль.}$$

При растворении Al выделилось  $1,5 \cdot \frac{0,128}{27,0} = 7,11$  ммоль  $\text{H}_2$ .

В реактор добавили  $(31,52 - 7,11) = 24,41$  ммоль воздуха ( $\text{O}_2 + \text{N}_2$ ), в том числе  $24,41 \cdot 0,79 = 19,28$  ммоль  $\text{N}_2$  и  $24,41 \cdot 0,21 = 5,13$  ммоль  $\text{O}_2$ .

$$M(\text{O}_2) = 32,0 \text{ г/моль.}$$

Масса кислорода в реакторе до взрыва равна  $5,13 \cdot 32 = 164$  мг.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 204 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

3. На сгорание  $\text{H}_2$  затрачено  $\frac{25,55 \cdot 2,040}{8,314 \cdot (273+20,0)}$  ммоль  $\text{O}_2$ , избыток кислорода равен  $(5,13 - 3,56) = 1,57$  ммоль.

После взрыва в реакторе  $\frac{25,55 \cdot 2,040}{8,314 \cdot (273+20,0)}$  ммоль газов ( $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{N}_2$ ), в том числе: 19,28 ммоль  $\text{N}_2$ , 1,57 ммоль  $\text{O}_2$  и  $(21,40 - 19,28 - 1,57) = 0,55$  ммоль паров  $\text{H}_2\text{O}$ .

Объемные доли (они же мольные) компонентов в реакторе после взрыва равны: кислорода  $\frac{1,57}{21,40} = 0,0734 = 7,34 \%$ ,

азота  $\frac{19,28}{21,40} = 0,9009 = 90,09 \%$ ,

паров воды  $\frac{0,55}{21,40} = 0,0257 = 2,57 \%$ .

Если решить задачу строго и учесть объем, занимаемый жидкой водой, что уменьшает объем газовой смеси (в этом случае в силу несжимаемости жидкости объем газа в реакторе меньше объема реактора на объем жидкой воды), то получается  $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5453$  ммоль. Мольная доля паров воды в этом случае станет равной 2,55 %).

4. При собирании водорода методом вытеснения воды собранный газ состоит из водорода и паров воды ( $\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ).

Как показано в предыдущем пункте, при 20,0 °С мольная доля насыщенного водяного пара в газовой фазе составляет 2,57 %.

Следовательно, парциальное давление водорода в собранном газе равно  $101,5 \cdot (1 - 0,0257) = 98,89$  кПа.

При растворении металла выделилось  $\frac{98,89 \cdot 0,04090}{8,314 \cdot 293} = 1,66$  ммоль газа  $\text{H}_2$ .

При растворении протекает реакция:

$2\text{Me} + n\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Me}_2(\text{SO}_4)_n + n\text{H}_2 \uparrow$ , где  $n$  – валентность металла.

Если обозначить молярную массу металла  $M$ , то растворили  $\frac{75,7}{M}$  ммоль металла, что должно привести к выделению  $\frac{75,7}{M} \cdot \frac{n}{2}$  ммоль газообразного  $\text{H}_2$ .

Составим уравнение:

$$\frac{75,7}{M} \cdot \frac{n}{2} = 1,66$$

Решая это уравнение относительно  $M$ , получим  $M = 22,80 \cdot n$ .



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 205 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

При  $n = 4$  получим  $M = 91,2$  г/моль.

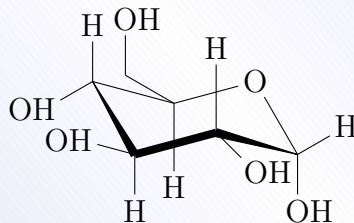
Металл **X** – цирконий Zr.

5. Наиболее близкие химические свойства имеет гафний (Hf).

Можно даже сказать, что они у Zr и Hf практически одинаковы.

Это объясняется одинаковой конфигурацией внешнего электронного слоя и практически одинаковыми атомными радиусами циркония и гафния из-за эффекта «лантаноидного сжатия».

**Задача 10.** Молекула глюкозы относится к гексозам и может существовать в двух формах: циклической и с открытой цепью. Циклическая форма *D*-глюкозы существует в виде двух аномеров:  $\alpha$ -*D*-глюкозы и  $\beta$ -*D*-глюкозы. Ниже приведена формула Хуорса одного из аномеров *D*-глюкозы:



Если пропустить небольшое количество газообразного хлороводорода (катализатор) через раствор *D*-глюкозы в метаноле, то протекает реакция образования двух аномомерных простых эфиров с участием гидроксильной группы у первого атома углерода. В общем случае получающиеся продукты называют гликозидами, в частном случае для глюкозы – глюкозидами.

В 1936 году предложен элегантный способ использования окислительного расщепления с применением периодата натрия для установления размера цикла в циклической форме молекулы гликозида. На первой стадии гликозид подвергают окислительному расщеплению водным раствором периодата натрия. На второй стадии



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 206 из 251

Назад

На весь экран

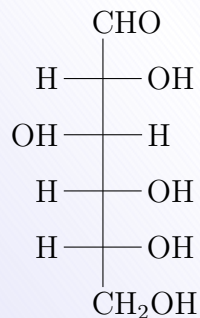
Закреть

проводят дополнительное окисление одного из продуктов первой стадии с помощью бромной воды и последующей обработкой продукта карбонатом стронция. При этом образуется соль стронция **X**.

1. Приведите структурную формулу *D*-глюкозы с открытой цепью.
2. Формула какого из аномеров *D*-глюкозы приведена в условии задачи? Кратко поясните свой ответ и укажите, чем должна отличаться формула второго аномера.
3. Какое число периодат-ионов необходимо для полного окислительного расщепления одной молекулы метил-*D*-глюкозида? Приведите структурные формулы продуктов, которые образуются при этом.
4. Приведите структурные формулы веществ, которые образуются при длительном кипячении полученной соли **X** с избытком соляной кислоты.

### Решение

1. Проекционная формула Фишера *D*-глюкозы:



2. В условии приведена формула  $\alpha$ -*D*-глюкозы.  
У  $\beta$ -*D*-глюкозы обратное расположение атома водорода и группы OH у атома C1.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



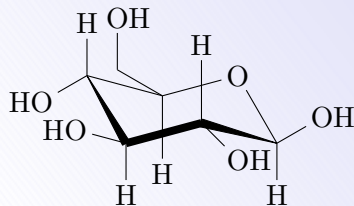
Страница 207 из 251

Назад

На весь экран

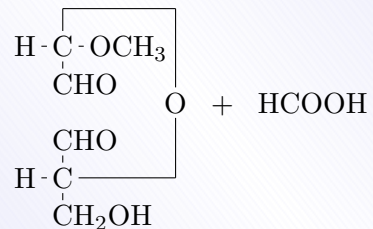
Закреть

Формула  $\beta$ -*D*-глюкозы:

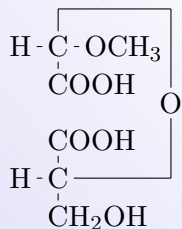


3. С одной молекулой метил-*D*-глюкозида прореагирует два иона  $\text{IO}_4^-$ . Окислительному расщеплению подвергаются только связи  $\text{C}_2 - \text{C}_3$  и  $\text{C}_3 - \text{C}_4$ .

При этом образуется муравьиная кислота и диальдегид:



При последующем окислении бромной водой этого диальдегида образуется соответствующая дикарбоновая кислота, структурная формула которой представлена ниже:



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 208 из 251

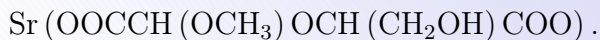
Назад

На весь экран

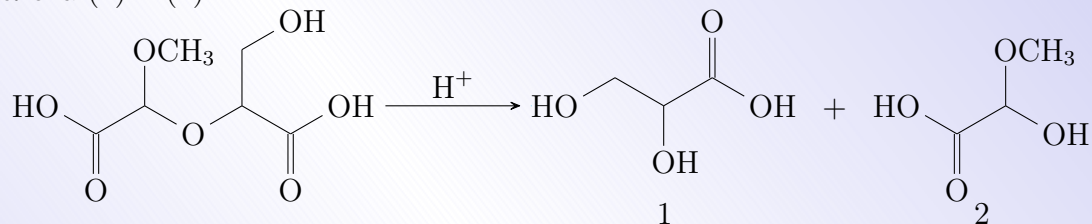
Заккрыть



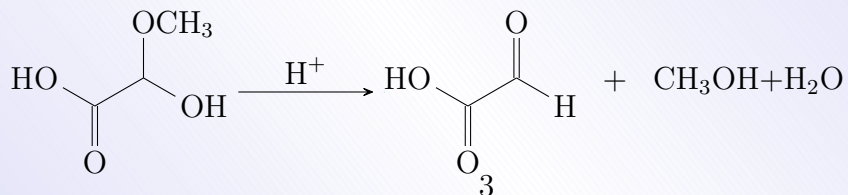
С карбонатом стронция эта кислота дает соль X:



4. При кислотном гидролизе дикарбоновой кислоты образуется глицериновая кислота (1) и (2):

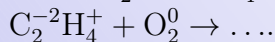
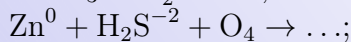
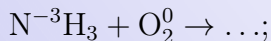
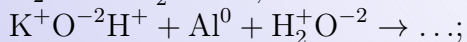
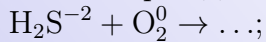


При дальнейшем гидролизе последнего образуется глиоксильная кислота (3) и метанол:



### Задачи для самостоятельного решения

1. Ниже приведены левые части схем некоторых реальных химических превращений.



На практике в зависимости от условий проведения реакций могут получаться разные продукты. Для каждого примера приведите по два молекулярных уравнения, в которых реагентами являются только указанные в задании вещества в любом



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 209 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

мольном соотношении и укажите условия, в которых предложенные вами реакции могут быть осуществлены.

2. Водородный показатель (рН) раствора равен отрицательному десятичному логарифму активности (в моль/дм<sup>3</sup>) ионов водорода в растворе:  $\text{pH} = -\lg(a(\text{H}^+))$ . Для простоты расчетов примите, что плотность всех разбавленных растворов в задаче равна плотности воды, а активность ионов водорода равна их молярной концентрации:  $a(\text{H}^+) = c(\text{H}^+)$ .

Метановая и этановая кислоты являются слабыми и имеют константы кислотной диссоциации  $1,80 \cdot 10^{-4}$  и  $1,74 \cdot 10^{-5}$  соответственно. Найдите:

- массовую долю и степень диссоциации метановой кислоты в ее водном растворе, в котором водородный показатель равен 2,10;
- величину водородного показателя в растворе этановой кислоты, в котором ее мольная доля составляет  $5,22 \cdot 10^{-3}$ .

*Ответ*

Навеску смеси метановой и этановой кислот, в которой массовая доля кислорода равна 55,11 %, массой 4,40 г поместили в мерную колбу на 500 см<sup>3</sup> и разбавили до метки дистиллированной водой.

Рассчитайте массовую долю метановой кислоты в смеси. Каким будет рН приготовленного раствора? Приведите ваши расчеты. *Ответ*

3. Химические элементы **X** и **V** расположены в одной группе периодической системы. Простые вещества, образованные этими элементами, легко реагируют между собой при повышенной температуре и нормальном давлении с образованием вещества **A**, представляющего собой газ (при н. у.) с резким запахом, хорошо растворимый в воде и сильно токсичный для разнообразных живых организмов. Благодаря последнему свойству **A** широко применяется в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. С фосфором **X** и **V** образуют соединения **B** и **B**, мольная доля фосфора в которых составляет 28,57 %. Установите состав **A**, **B** и **B**, приведите структурную формулу **B**. Кратко поясните ход ваших рассуждений.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 210 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

К раствору массой 50,8 г с массовой долей  $\text{CuSO}_4$ , равной 15,6 %, прибавили навеску **Б** массой 2,00 г. Во сколько раз изменится массовая доля сульфата меди (II) в растворе по сравнению с начальной? Приведите уравнение протекающей реакции и ваши расчеты.

Как изменится ответ, если вместо навески **Б** взять такую же по массе навеску **В**? Приведите уравнение протекающей реакции и ваши расчеты.

Приведите два примера практического использования **А**.

*Ответ*

4. При полном сжигании навески **А** массой 1,453 г в избытке кислорода образуется 1,890 дм<sup>3</sup> (20 °С, 102,1 кПа) углекислого газа, 713,5 мг воды. При длительном нагревании (150–160 °С) **А** с 1,2-дибромэтаном в присутствии безводного карбоната натрия с выходом около 60 % образуется вещество **Б**, а также бромид натрия, углекислый газ и вода.

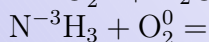
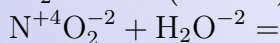
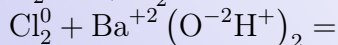
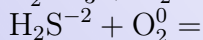
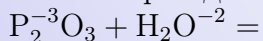
Установите эмпирическую формулу **А**.

В структуре **А** присутствует бензольное кольцо, а плотность его паров по гелию примерно равна 30. Приведите структурные формулы трех изомеров **А** и их тривиальные названия.

Какой из изомеров **А** реагирует с 1,2-дибромэтаном и почему?

Приведите структурную формулу вещества **Б** и укажите, к какому классу органических соединений оно относится. *Ответ*

5. Ниже приведены левые части схем некоторых реальных химических превращений.



На практике в зависимости от условий проведения реакций могут получаться разные продукты.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 211 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Для каждого примера приведите по два молекулярных уравнения, в которых реагентами являются только указанные в задании вещества в любом мольном соотношении, и укажите условия, в которых предложенные вами реакции могут быть осуществлены.

6. Одним из методов получения водорода в промышленных масштабах является одностадийный процесс автотермального риформинга природного газа. Для этого природный газ смешивают с кислородом и парами воды, а затем полученную газовую смесь пропускают через колонну с нагретым катализатором. Выходящие из реактора газы охлаждают для отделения угарного газа и получают технический водород (1,50 % посторонних газообразных примесей по массе).

Приведите уравнение химической реакции, протекающей при автотермальном риформинге природного газа.

Рассчитайте объем (н. у.) природного газа (97,5 % основного вещества по объему) и воздуха (21,0 % кислорода по объему), которые потребуются для производства технического водорода массой 20,0 т, если практический выход процесса риформинга составляет 68,6 %.

Практический выход конечного продукта повышается, если в исходной смеси содержится большее, чем требуется по стехиометрии реакции, количество воды. Для достижения степени конверсии метана в водород, равной 95,0 % (при 980 °К), следует на каждый 1 моль метана брать 4 моль воды. Рассчитайте объемную долю водорода в газовой смеси на выходе реактора при таком соотношении реагентов. *Ответ*

7. В 1928 году два немецких химика Отто Дильс и Курт Альдер открыли реакцию [4,2]-циклоприсоединения диенов, которая впоследствии была названа их именем. Реакция Дильса–Альдера открыла такие огромные перспективы в синтетической органической химии, что за эти работы ученым в 1950 году была присуждена Нобелевская премия по химии.

В общем случае реакция протекает между молекулой, в которой есть две сопряженные двойные связи (*диен*), и молекулой с двойной связью (*диенофил*). Продукт



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 212 из 251

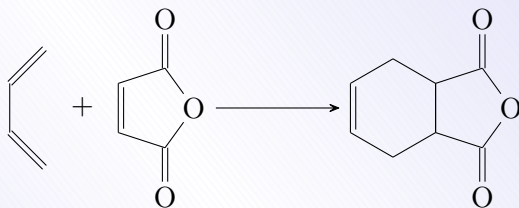
Назад

На весь экран

Закреть

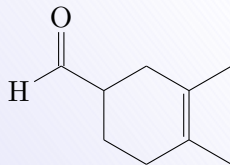
такого [4,2]-циклоприсоединения часто называют аддуктом. Две новые  $\pi$ -связи в аддукте приводят к формированию цикла и образуются из  $n$ -связей диена и диенофила. Поскольку сигма-связи прочнее  $\pi$ -связей, такой процесс энергетически выгоден, однако большинство реакций Дильса–Альдера являются обратимыми.

Классическим примером реакции Дильса–Альдера является взаимодействие бутадиена-1,3 (*диен*) с малеиновым ангидридом (*диенофил*) при их совместном нагревании примерно до 100 °С. При этом продукт образуется с количественным выходом:



Приведите структурные формулы аддуктов, которые образуются в результате [4,2]-циклоприсоединения этилена и бутена-2 к бутадиену-1,3. Назовите полученные вещества по систематической номенклатуре.

При нагревании смеси **A** и **B** примерно до 30 °С с количественным выходом образуется вещество следующего строения:



Изобразите структурные формулы и приведите названия **A** и **B**.

При хранении при 25 °С чистый циклопентадиен медленно превращается в дидиклопентадиен. Приведите структурные формулы циклопентадиена и дидиклопентадиена.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 213 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

Реакция Дильса–Альдера является очень стереоспецифичной. Например, транс-диенофил дает транс-аддукт. Изобразите стереохимические формулы аддуктов, которые образуются при взаимодействии бутадиена-1,3 с цис- и транс-изомерами диметилового эфира бутен-1,2-диовой кислоты ( $\text{H}_3\text{COOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOCH}_3$ ). Укажите абсолютные конфигурации стереоцентров в каждой молекуле образующихся аддуктов. *Ответ*

8. Твердое при н. у. вещество **A** хранят в условиях, исключающих контакт с воздухом, поскольку оно вступает в реакцию с некоторыми его компонентами. При добавлении дистиллированной воды объемом  $200\text{ см}^3$  к навеске **A** массой  $980\text{ мг}$  образуется только газ, объем которого при  $20,0\text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $96,6\text{ кПа}$  составляет  $616,3\text{ см}^3$ , и раствор, который приобретает малиновую окраску при добавлении фенолфталеина.

Установите формулу вещества **A**. Кратко поясните ваше решение. Приведите уравнение реакции, протекающей при обработке **A** водой. Изменится ли решение задачи, если вместо  $200\text{ см}^3$  в условии задачи будет  $20\text{ см}^3$  или  $2000\text{ см}^3$  дистиллированной воды? Поясните почему.

*Ответ*

9. При охлаждении насыщенного раствора выпал кристаллический осадок, состоящий из веществ **A** и **B**, массовая доля кислорода в котором равна  $68,62\%$ . Для установления его состава навеску полученного осадка поместили в сушильный шкаф и выдержали длительное время при  $240\text{ }^\circ\text{C}$  в результате чего образовался белый твердый остаток, в котором массовая доля кислорода уменьшилась в  $1,523$  раза, а масса оказалась на  $53,75\%$  меньше по сравнению с исходными величинами. Остаток поместили в стакан объемом  $250\text{ см}^3$ , добавили  $150\text{ см}^3$  дистиллированной воды и тщательно перемешали. После полного растворения твердой фазы полученный раствор количественно перенесли в мерную колбу объемом  $500\text{ см}^3$  и разбавили дистиллированной водой до метки. Аликвоту приготовленного раствора объемом



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 214 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

10,0 см<sup>3</sup> обработали избытком подкисленного раствора хлорида бария. Выпавший осадок отфильтровали, высушили и взвесили. Его масса оказалась равной 0,7736 г.

Установите, насыщенный раствор какой соли использовали в описанном эксперименте.

Рассчитайте массу навески смеси, использованной для анализа.

Массовая доля кислорода в **A** в 1,059 раз больше, чем в **B**. Установите формулы **A** и **B**.

Рассчитайте массу полученного после кристаллизации осадка, необходимого для приготовления 200 г насыщенного при 20 °С водного раствора, если растворимость **A** при этой температуре составляет 58,4 г на 100 г воды.

Чему равна растворимость (в г на 100 г воды) **B** при 20 °С?

*Ответ*



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 215 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## Занятие 19. Решение задач централизованного тестирования по химии

**Теоретический материал.** Программа школьного курса химии. Особенности содержания и решения расчетных задач централизованного тестирования (ЦТ) по химии.

### Контрольные вопросы

1. Структура и особенности содержания тестов ЦТ по химии.
2. Методические аспекты подготовки учащихся к ЦТ по химии.
3. Основные типы расчетных задач в ЦТ по химии.
4. Структура тестового задания по химии.
5. Методические рекомендации по решению задач ЦТ по химии.

### Примеры решения задач

**Задача 1.** Термохимическое уравнение реакции синтеза аммиака из простых веществ  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 + 92 \text{ кДж}$ . Смесь азота с водородом общим объемом 450 л и относительной плотностью по водороду 3,6 поместили в реактор для синтеза аммиака. В результате реакции относительная плотность смеси газов по водороду возросла на 10 %. Рассчитайте количество теплоты, выделившейся в результате реакции.

### Решение



$$(\text{N}_2 + \text{H}_2) = \frac{450 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 20,089 \text{ моль}$$

$$D_{\text{H}_2}(\text{смеси}) = \frac{M(\text{N}_2 + \text{H}_2)}{M(\text{H}_2)},$$

$$M(\text{N}_2 + \text{H}_2) = 3,6 \cdot 2 = 7,2 \text{ г/моль},$$

$$m(\text{N}_2 + \text{H}_2) = 20,089 \cdot 7,2 = 144,64 \text{ г}$$

$$n(\text{N}_2) = x,$$



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 216 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



$$n(\text{H}_2) = 20,089 - x,$$

$$m(\text{N}_2) = 28x,$$

$$m(\text{H}_2) = 40,178 - 2x.$$

$$28x + 40,178 - 2x = 144,64,$$

$$26x = 104,462,$$

$$x = 4,018 \text{ моль} = n(\text{N}_2).$$

$$n(\text{H}_2) = 20,089 - 4,018 = 16,071 \text{ (моль)}.$$

$$D_2 = \frac{D_1 \cdot 110}{100}, D_2(\text{H}_2) = \frac{M(\text{N}_2 + \text{H}_2 + \text{NH}_3)}{M(\text{H}_2)}.$$

При взаимодействии 1 моль  $\text{N}_2$  выделяется 92 кДж энергии.

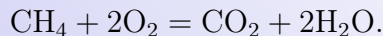
При взаимодействии 0,913 моль  $\text{N}_2$  –  $x$  кДж энергии.

$$x = 84 \text{ кДж}.$$

*Ответ:* 84 кДж.

**Задача 2.** В реактор постоянного объема поместили смесь кислорода и озона химическим количеством 2 моль. В результате разложения всего озона давление в реакторе увеличилось на 22 %. Вычислите объем исходной смеси кислорода и озона, необходимый для полного окисления метана массой 24 г до углекислого газа и воды.

### Решение



$$n(\text{O}_2) = 3 \text{ моль},$$

$$m(\text{O}) = 6 \cdot 16 = 96 \text{ (г)}.$$

Так как давление увеличивается на 22 %, то увеличивается концентрация частиц.

$$n_{\text{общ}}(\text{O}_2) = n_{\text{см1}} + n_{\text{см1}} \cdot 0,22,$$

$$n_{\text{общ}}(\text{O}_2) = 2 + 2 \cdot 0,22 = 2,44 \text{ (моль)}.$$

Таким образом, 2 моль исходной смеси содержат  $2,44 \cdot 32 = 78,08$  (г) кислорода.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 217 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Исходная смесь  $V = 44,8 \text{ дм}^3$  содержит 78,08 г О,  
исходная смесь  $V = x \text{ дм}^3$  содержит 96 г О,  
 $x = 55 \text{ дм}^3$ .

*Ответ:* 55 дм<sup>3</sup>.

**Задача 3.** Уксусная кислота широко применяется в качестве консерванта (пищевая добавка Е 260). В быту чаще всего используют уксус (массовая доля кислоты 9 %,  $g = 1,01 \text{ г/см}^3$ ) или уксусную эссенцию (массовая доля кислоты 70 %,  $g = 1,07 \text{ г/см}^3$ ). Для консервирования овощей требуется 150 см<sup>3</sup> уксуса. Вычислите, в каком объеме воды (см<sup>3</sup>) необходимо растворить уксусную эссенцию, чтобы приготовить раствор для консервирования.

### Решение

$$\omega_2 = \frac{m_2 \text{ в-ва}}{m_2 \text{ р-ра}} \cdot 100 \%$$

$$m_2(\text{р-ра}) = g_2 \cdot V_2,$$

$$m_2(\text{р-ра}) = 1,01 \cdot 150 = 151,5 \text{ (г)}.$$

$$m_2(\text{в-ва}) = \frac{9\% \cdot 151,5 \text{ г}}{100\%} = 13,635 \text{ (г)}.$$

$$m_1(\text{р-ра}) = \frac{13,635}{0,70} = 19,479 \text{ г}.$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 151,5 - 19,479 = 132,02 \text{ (г)} \approx 132 \text{ (г)}.$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{132}{1} = 132 \text{ см}^3.$$

*Ответ:*  $V(\text{H}_2\text{O}) = 132 \text{ см}^3$ .

**Задача 4.** В результате поджигания смеси объемом (н. у.) 250 дм<sup>3</sup>, состоящей из сероводорода, взятого в избытке, и кислорода, образовались сера и вода. После приведения полученной смеси к нормальным условиям в газообразном состоянии



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 218 из 251

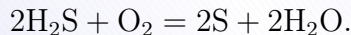
Назад

На весь экран

Закреть

остался только сероводород объемом 130 дм<sup>3</sup>. Рассчитайте объемную долю (%) кислорода в исходной смеси.

### Решение



$$n(\text{смеси}) = \frac{V(\text{смеси})}{V_m},$$

$$n(\text{смеси}) = \frac{250 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 11,161 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{S})_{\text{прор.}} = x \text{ моль};$$

$$n(\text{O}_2)_{\text{прор.}} = 0,5x \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{S})_{\text{ост.}} = \frac{V(\text{H}_2\text{S})_{\text{ост.}}}{V_m} = \frac{130 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}} = 5,8 \text{ моль};$$

$$n(\text{смеси}) = n(\text{H}_2\text{S})_{\text{прор.}} + n(\text{O}_2)_{\text{прор.}} + n(\text{H}_2\text{S})_{\text{ост.}}$$

$$11,161 = x + 0,5x + 5,8,$$

$$1,5x = 11,161 - 5,8,$$

$$1,5x = 5,361,$$

$$x = 3,574.$$

$$n(\text{H}_2\text{S})_{\text{прор.}} = 3,574 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}_2)_{\text{прор.}} = 1,787 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}_2) = n(\text{O}_2)_{\text{прор.}} = 1,787 \text{ моль};$$

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{смеси})} \cdot 100 \%,$$

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{1,785 \text{ моль}}{11,161 \text{ моль}} \cdot 100 \% = 16 \%.$$

Ответ:  $\varphi(\text{O}_2) = 16 \%$ .

**Задача 5.** Для анализа смеси хлоридов натрия и аммония провели следующие операции. Навеску смеси массой 5 г растворили в воде. К полученному раствору прибавили 300 г раствора гидроксида калия с массовой долей КОН 2,8 % и нагрели раствор до полного удаления аммиака. В образовавшийся раствор добавили



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 219 из 251

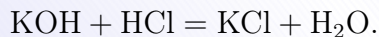
Назад

На весь экран

Заккрыть

метилловый оранжеевый, а затем аккуратно прибавляли соляную кислоту, пока среда раствора не стала нейтральной. Объем израсходованной кислоты равен 210 см<sup>3</sup>, концентрация HCl в кислоте 0,5 моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите массовую долю (%) хлорида аммония в исходной смеси.

### Решение



$$n(\text{HCl}) = C \cdot V,$$

$$n(\text{HCl}) = 0,5 \cdot 0,21 = 0,105 \text{ (моль)}.$$

$$n(\text{KOH}) = n(\text{HCl}) = 0,105 \text{ (моль)}.$$

$$m(\text{KOH}) = 0,105 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 5,88 \text{ г},$$

$$m_{\text{в-ва}}(\text{KOH}) = 0,028 \text{ моль} \cdot 300 \text{ г/моль} = 8,4 \text{ г}.$$

$$m(\text{KOH})_{\text{пр.}} = 8,4 \text{ г} - 5,88 \text{ г} = 2,52 \text{ г}.$$

$$n(\text{KOH})_{\text{пр.}} = \frac{2,52 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,045 \text{ моль}.$$

$$n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{KOH})_{\text{пр.}} = 0,045 \text{ моль},$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,045 \text{ моль} \cdot 53,5 \text{ г/моль} = 2,4075 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{2,4075 \text{ г}}{5 \text{ г}} \cdot 100 \% = 48 \%.$$

Ответ:  $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 48 \%$ .

### Задачи для самостоятельного решения

1. Смесь пропена и 2-хлорпропана полностью сожгли в избытке кислорода. Продукты, одним из которых является хлороводород, охладили до комнатной температуры (20 °C). Образовавшуюся при этом жидкость объемом 68,3 см<sup>3</sup> и плотностью 1,07 г/см<sup>3</sup> добавили к избытку раствора гидрокарбоната натрия. В результате выделился газ объемом (н. у.) 6,72 дм<sup>3</sup>. Вычислите объем (дм<sup>3</sup>, н. у.) кислорода, вступившего в реакцию горения. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 220 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

2. Основная масса производимого чугуна расходуется на производство стали. Для изготовления зубных коронок используют сталь, содержащую по массе 1 % углерода, 9 % никеля, 1 % тантала, 18 % хрома, остальное – железо. Рассчитайте массу (г) чугуна с массовой долей углерода 3,1 %, необходимого для производства 116 г стали указанного состава. *Ответ*
3. Относительная плотность газовой смеси, состоящей из гелия и углекислого газа, по метану равна 2. После пропускания смеси над раскаленным углем объемная доля углекислого газа составила 14 %. Вычислите объемную долю (%) гелия в конечной газовой смеси. *Ответ*
4. Смешали раствор гидроксида бария и соляную кислоту. Молярная концентрация анионов в образовавшемся составила 0,2 моль/дм<sup>3</sup>, а рН равен 1. Считая, что растворенные вещества диссоциируют полностью, определите молярную концентрацию (моль/дм<sup>3</sup>) соли в образовавшемся растворе. *Ответ*
5. В открытой колбе находится насыщенный раствор фторида натрия с массовой долей соли 47 %. В результате испарения части воды и кристаллизации безводной соли масса раствора уменьшилась на 60 г, а массовая доля соли в растворе не изменилась. Рассчитайте массу (г) испарившейся воды. *Ответ*
6. Альдегид **А** имеет молярную массу меньше 45 г/моль. При гидрировании **А** образуется вещество **Б** с молярной массой больше 45 г/моль. Нагревание **Б** с концентрированной серной кислотой приводит к образованию газа (н. у.) **В** и неорганического вещества **Г**. При окислении **Б** перманганатом калия в кислой среде может быть получено органическое вещество **Д**, раствор которого окрашивает лакмус в красный цвет. Найдите сумму молярных масс (г/моль) веществ **В** и **Д**. *Ответ*
7. Газообразная смесь алкана с этеном имеет объем (н. у.) 6,72 дм<sup>3</sup>. Половину смеси пропустили через сосуд с избытком бромной воды. При этом масса сосуда с содержимым выросла на 0,7 г. Вторую половину смеси сожгли в избытке



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 221 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

кислорода, в результате чего образовалась вода массой 5,4 г. Определите молярную массу (г/моль) смеси углеводородов. *Ответ*

8. Простое газообразное вещество **A** желто-зеленого цвета с резким запахом реагирует с металлом **B**, в результате чего получится вещество **B**. Газ **A** имеет плотность (н. у.) равную  $3,17 \text{ г/дм}^3$ . Химический элемент, образующий **B**, в соединениях имеет валентность 2, а избыток его катионов обуславливает жесткость воды. При действии на **B** массой 25,02 г избытка концентрированной серной кислоты с выходом 89 % выделяется бесцветный, хорошо растворимый в воде газ **Г** объемом (н. у.)  $10,5 \text{ дм}^3$ . Определите сумму молярных масс (г/моль) веществ **A** и **B**. *Ответ*
9. Уксусная кислота широко применяется в качестве консерванта (пищевая добавка Е 260). В быту чаще всего используют уксус (массовая доля кислоты 9 %,  $\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$ ) или уксусную эссенцию (массовая доля кислоты 70 %,  $\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$ ). Для консервирования овощей требуется  $225 \text{ см}^3$  уксуса. Вычислите, в каком объеме воды ( $\text{см}^3$ ) необходимо растворить уксусную эссенцию, чтобы приготовить раствор для консервирования. *Ответ*
10. В результате поджигания смеси объемом (н. у.)  $800 \text{ дм}^3$ , состоящий из сероводорода, взятого в избытке, и кислорода, образовались сера и вода. После приведения полученной смеси к нормальным условиям в газообразном состоянии остался только сероводород объемом  $200 \text{ дм}^3$ . Рассчитайте объемную долю (%) кислорода в исходной смеси. *Ответ*
11. Для анализа смеси хлоридов натрия и аммония провели следующие операции. Навеску смеси массой 5 г растворили в воде. К полученному раствору прибавили 300 г раствора гидроксида калия с массовой долей КОН 2,8 % и нагрели раствор до полного удаления аммиака. В образовавшийся раствор добавили метиловой оранжевый, а затем аккуратно прибавляли соляную кислоту, пока среда раствора не стала нейтральной. Объем израсходованной кислоты равен  $150 \text{ см}^3$ , концентрация HCl в кислоте  $0,5 \text{ моль/дм}^3$ . Вычислите массовую долю (%) хлорида аммония в исходной смеси. *Ответ*



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 222 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

Пример задания ЦТ по химии  
(структура части А и Б периодически меняется)

ВАРИАНТ 1

Часть А

**А1.** благородным газом является:

- 1) водород;                      2) аргон;                      3) азот;                      4) фтор.

**А2.** Электронная конфигурация атома  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ . Число энергетических уровней, занятых электронами в атоме равно:

- 1) 1;                      2) 2;                      3) 3;                      4) 4.

**А3.** Массовое число атома, содержащего 10 нейтронов и 8 электронов равно:

- 1) 26;                      2) 18;                      3) 16;                      4) 8.

**А4.** В ряд химических элементов Mg, Al, Si наблюдается:

- 1) ослабление кислотных свойств их оксидов;  
2) усиление восстановительной способности;  
3) уменьшение электроотрицательности;  
4) уменьшение радиуса атома.

**А5.** Вещество состоит из химических элементов с порядковыми номерами 1 и 17. Укажите тип химической между атомами этих элементов в данном веществе:

- 1) ковалентная неполярная;                      3) ионная;  
2) ковалентная полярная;                      4) водородная.

**А6.** Сера проявляет высшую степень окисления в соединении:

- 1)  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ;                      2)  $\text{CaSO}_3$ ;                      3)  $\text{KHSO}_3$ ;                      4)  $\text{CuS}$ .

**А7.** Образец железной руды массой 100 г состоит из оксида железа (III) и не содержащих железо примесей. Массовая доля железа в образце равна 68,7 %. Масса (г) железа (III) в данном образце составляет:

- 1) 93,7;                      2) 98,1;                      3) 99,0;                      4) 99,9.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 223 из 251

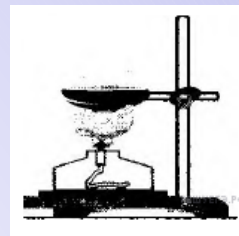
Назад

На весь экран

Закрыть

**A8.** Прибор, изображенный на рисунке, используют для выделения вещества из его водного раствора методом:

- 1) отстаивания;
- 2) дистилляции;
- 3) фильтрования;
- 4) выпаривания.



**A9.** Два кислотных оксида образуются в результате химического превращения:

- 1)  $\text{PH}_3(\text{изб.}) + \text{O}_2 \xrightarrow{t}$ ;
- 2)  $\text{CS}_2 + \text{O}_2(\text{изб.}) \xrightarrow{t}$ ;
- 3)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t}$ ;
- 4)  $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t}$ .

**A10.** Фенолфталеин приобретает малиновую окраску в водном растворе вещества, которое образуется в результате реакции соединения между:

- 1) Li и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 2) Li и  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $\text{Li}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $\text{Li}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**A11.** В отличие от разбавленной соляной кислоты разбавленная серная кислота реагирует с:

- 1)  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ;
- 2)  $\text{FeS}$ ;
- 3)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ;
- 4)  $\text{Hg}$ .

**A12.** В водный раствор гидроксида калия небольшими порциями добавляют оксид углерода (IV). При этом сначала образуется:

- 1) формиат калия;
- 2) гидрокарбонат калия;
- 3) пероксид калия;
- 4) карбонат калия.

**A13.** С водородом могут реагировать все вещества ряда:

- 1)  $\text{Ca}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ;
- 2)  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{K}$ ;
- 3)  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{Li}$ ;
- 4)  $\text{C}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Ag}$ .

**A14.** Укажите все верные утверждения. В ряду простых веществ  $\text{F}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ :

- а) усиливаются окислительные свойства;
- б) представлены газообразное, жидкое и твердое вещества (н. у.) соответственно;



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 224 из 251

Назад

На весь экран

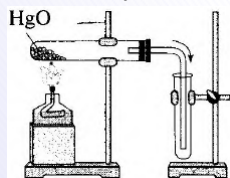
Заккрыть



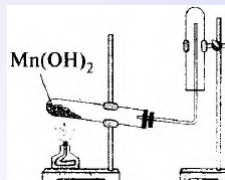
- в) повышается температура кипения;  
 г) все вещества при взаимодействии с водородом образуют сильные кислоты.

- 1) а, г;                      2) б, в;                      3) а, б, в;                      4) а, в, г.

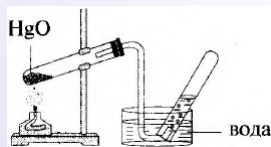
**A15.** Для получения и собирания кислорода в лаборатории НЕцелесообразно использовать установку:



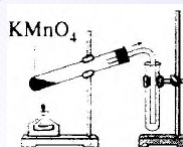
1)



3)



2)



4)

**A16.** Медную проволоку нагрели на воздухе до потемнения, а затем охладили и опустили в сосуд, содержащий избыток разбавленной азотной кислоты. Укажите тип реакции, которая НЕ протекала в ходе эксперимента:

- 1) гетерогенная;                      3) окислительно-восстановительная;  
 2) соединения;                      4) замещения.

**A17.** В свежоштукатуренных зданиях гашёная известь в реакции с углекислым газом превращается в:

- 1)  $\text{CaCO}_3$ ;                      2)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;                      3)  $\text{MgCO}_3$ ;                      4)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

**A18.** Дана схема превращений  $\text{FeO} \xrightarrow{\text{X}} \dots \xrightarrow{\text{Y}} \text{FeBr}_3$ . Обе реакции являются окислительно-восстановительными. Реагентами X и Y могут быть:

- а) углерод, бром;                      в) угарный газ, бром;  
 б) азотная кислота, бромид цинка;                      г) иодоводородная кислота, бром.  
 1) а, б;                      2) а, в;                      3) б, г;                      4) в, г.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 225 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

**A19.** Выберите утверждения, верно характеризующие магний:

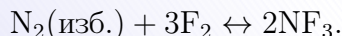
- а) при комнатной температуре (20 °С) НЕ реагирует с водой;
- б) входит в состав хлорофилла;
- в) массовая доля в его силициде равна 36,85 %;
- г) можно получить электролизом расплава его иодида.

- 1) а, в;                      2) б, в;                      3) а, б, г;                      4) в, г.

**A20.** Образец сплава массой 160 г, состоящего из натрия и алюминия, поместили в воду. В результате полного растворения металлов выделился газ объемом (н. у.) 107 дм<sup>3</sup>. Укажите массовую долю (%) алюминия в сплаве:

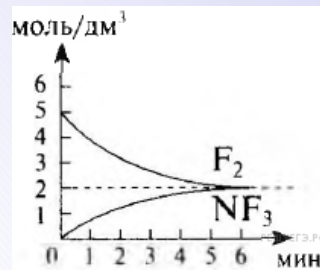
- 1) 18;                      2) 24;                      3) 28;                      4) 30.

**A21.** В системе протекает обратимая гомогенная реакция



На графиках изображена зависимость концентраций F<sub>2</sub> и NF<sub>3</sub> от времени. Определите практический выход (%) NF<sub>3</sub> на момент установления равновесия:

- 1) 15;                      2) 85;                      3) 40;                      4) 60.



**A22.** Для равновесной системы  $4\text{HCl}(\text{г.}) + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{Cl}_2(\text{г.}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) + Q$  верными являются утверждения:

- а) при повышении температуры уменьшается скорость прямой и обратной реакций;
- б) добавление кислорода способствует протеканию прямой реакции;
- в) при понижении давления равновесие смещается в сторону продуктов реакции;
- г) понижение температуры ведёт к увеличению выхода продуктов.

- 1) б, г;                      2) б, в;                      3) а, в;                      4) а, б, г.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 226 из 251

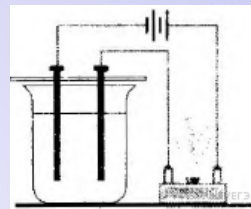
Назад

На весь экран

Закреть

**A23.** Лампочка прибора для определения электропроводности (см. рисунок) может потухнуть, если в разбавленный раствор серной кислоты добавить:

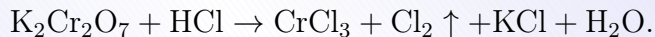
- 1) хлороводород;
- 2) оксид цинка;
- 3) нитрат железа(III);
- 4) карбонат бария.



**A24.** В водном растворе, рН которого 1, в значительной концентрации НЕ могут присутствовать ионы:

- 1)  $\text{Br}^-$ ;
- 2)  $\text{Na}^+$ ;
- 3)  $\text{SO}_3^{2-}$ ;
- 4)  $\text{ClO}_3^-$ .

**A25.** В лаборатории хлор можно получить по схеме:



В результате реакции выделился хлор объёмом (н. у.)  $1,344 \text{ дм}^3$ . Масса (г) продукта восстановления равна:

- 1) 10,22;
- 2) 9,02;
- 3) 8,56;
- 4) 6,34.

**A26.** В промышленности метанол используется для синтеза:

- 1) формальдегида;
- 2) метана;
- 3) фенола;
- 4) этанола.

**A27.** Модели молекул насыщенных углеводородов изображены на рисунках:



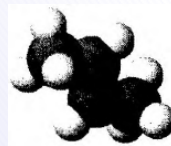
1)



3)



2)



4)



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 227 из 251

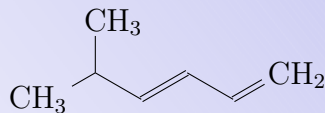
Назад

На весь экран

Закреть

**A28.** Структурным изомером соединения, формула которого, является:

- 1) 2-метилгептадиен-1,3;            3) гептин-3;  
2) 5-метилгексадиен-1,3;        4) 3,3-диметилпентен-1.



**A29.** Выберите утверждения, верно характеризующие этин:

- а) в молекуле одна двойная связь;  
б) молекула имеет линейное строение;  
в) представляет собой газ (н. у.) с резким запахом;  
г) вступает в реакцию присоединения с водородом.

- 1) а, б, в;                            2) б, в;                            3) а, в, г;                            4) б, г.

**A30.** Максимальная масса (г) водорода, который может прореагировать с бензолом количеством 1,4 моль, равна:

- 1) 2,1;                                2) 4,2;                                3) 8,4;                                4) 9,6.

**A31.** В отличие от пропанола-1 этиленгликоль:

- 1) при отщеплении воды НЕ образует алкен;  
2) окрашивает водный раствор лакмуса в красный цвет;  
3) реагирует с водным раствором хлорида калия;  
4) реагирует с бромоводородом.

**A32.** При восстановлении органического соединения X образуется первичный спирт НЕразветвлённого строения. Окисление X приводит к образованию кислоты состава  $C_4H_8O_2$  с таким же углеродным скелетом. Органическое соединение X имеет название:

- 1) пропионовый альдегид;                            3) масляный альдегид;  
2) 2,2-диметилпропаналь;                            4) 2-метилпропаналь.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



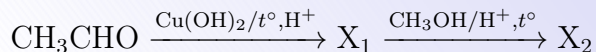
Страница 228 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

**A33.** Массовая доля (%) углерода в продукте  $X_2$  цепочки превращений органических веществ

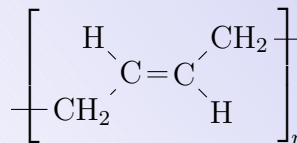


равна:

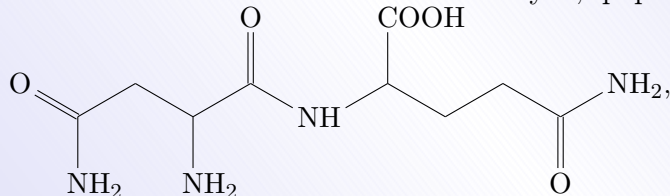
- 1) 43,24;                      2) 48,65;                      3) 53,33;                      4) 60,00.

**A34.** При гидролизе этилацетата водным раствором гидроксида натрия образуются продукты:

- 1) этанол и ацетат натрия;  
 2) этанол и этановая кислота;  
 3) этанолят натрия и уксусная кислота;  
 4) этанолят натрия и этаноат натрия.



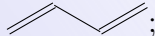
**A35.** Число аминокислотных остатков в молекуле, формула которой



равно:

- 1) 5;                                      2) 2;                                      3) 3;                                      4) 4.

**A36.** Выберите утверждение, верно характеризующее высокомолекулярное соединение, формула которого представлена на рисунке:

- 1) формула мономера  ;  
 2) при  $n = 2200$   $M_r$  (макромолекулы) = 176 800;  
 3) имеет название цис-полибутадиен;  
 4) получают реакцией поликонденсации.

**Часть В**



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 229 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

**В1.** Дан перечень органических соединений: аланин, бутаналь, глицин, гептен-1,  $\beta$ -аминогексановая кислота, сорбит, формальдегид, этилен.

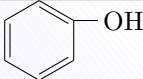
Распределите указанные соединения по классам. Установите соответствие между названием класса и числом соединений в нём.

А) альдегиды	1
Б) аминокислоты	2
В) алкены	3
Г) спирты	4
	5
	6

Ответ запишите в виде сочетания букв и цифр, соблюдая алфавитную последовательность букв левого столбца, **например: А4Б1В1Г2.**

Помните, что некоторые данные правого столбца могут использоваться несколько раз.

**В2.** Выберите три утверждения, верно характеризующие фенол.

1	является гомологом гексанола-2
2	реагирует с азотной кислотой
3	бесцветная жидкость (н. у.), хорошо растворимая в горячей воде
4	имеет структурную формулу 
5	определяется с помощью $\text{FeCl}_3$
6	обладает более сильными, чем уксусная кислота, кислотными свойствами

Ответ запишите цифрами (порядок записи цифр не имеет значения), **например: 123.**

**В3.** При пропускании паров этанола массой 460 г в присутствии кислорода над



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 230 из 251

Назад

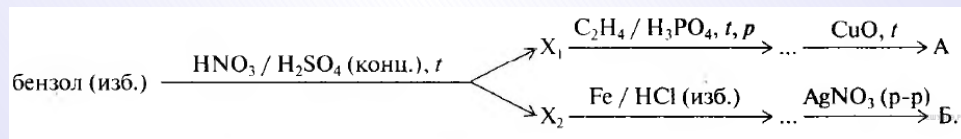
На весь экран

Заккрыть

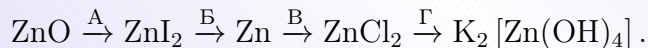
медным катализатором в реакцию каталитического окисления вступило 65 % спирта, остальной спирт не прореагировал. Рассчитайте массу (г) кислорода, необходимого для полного сжигания полученной смеси органических веществ.

**В4.** Порцию природной аминокислоты массой 180 г разделили на две равные части. Одну часть обработали избытком хлороводорода, в результате чего образовалась соль массой 133,8 г. Вторую часть обработали избытком водного раствора гидроксида натрия. Найдите массу (г) образовавшейся при этом соли.

**В5.** Определите сумму молярных масс (г/моль) органических веществ А и Б, полученных в результате следующих превращений ( $X_1$  – НЕорганический продукт реакции):



**В6.** Дана схема превращений



Для осуществления превращений выберите четыре реагента из предложенных (электролиты взяты в виде разбавленных водных растворов):

- |        |                        |          |        |
|--------|------------------------|----------|--------|
| 1) KI; | 3) HgCl <sub>2</sub> ; | 5) KOH;  | 7) HI. |
| 2) Fe; | 4) Mg;                 | 6) NaCl; |        |

Ответ запишите в виде сочетания букв и цифр, соблюдая алфавитную последовательность букв, *например: А4Б1В5Г2.*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 231 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

**В7.** Установите соответствие между парой веществ и реагентом, позволяющим различить вещества пары. Все реакции протекают в разбавленном водном растворе.

А) $\text{NH}_4\text{Cl}$ и $\text{MgCl}_2$	1) $\text{CaCl}_2$
Б) $\text{NH}_4\text{F}$ и $\text{NH}_4\text{NO}_3$	2) $\text{NaOH}$
В) $\text{KNO}_3$ и $\text{CH}_3\text{COOH}$	3) $\text{CH}_3\text{COOAg}$
Г) $\text{KI}$ и $\text{KBr}$	4) $\text{KHCO}_3$

Ответ запишите в виде сочетания букв и цифр, соблюдая алфавитную последовательность букв левого столбца, *например: А1Б4В3Г2.*

**В8.** Выберите четыре утверждения, верно характеризующие графит.

1	имеет такой же качественный и количественный состав, как и кварц
2	обладает слоистой структурой
3	степень окисления углерода в составе графита равна 0
4	входит в состав сажи
5	НЕ реагирует с водородом
6	при полном сгорании в кислороде образует растворимый в воде оксид

Ответ запишите цифрами (порядок записи цифр не имеет значения), *например: 3456.*

**В9.** Для восполнения дефицита магния в организме назначают пищевую добавку в виде соли, которая содержит 20 % магния, 26,7 % серы и 53,3 % кислорода по массе. Суточная потребность взрослого человека в магнии составляет 0,31 г. Вычислите массу (г) данной соли, которая необходима для обеспечения организма магнием на неделю при условии его усвоения на 34 %.

**В10.** К порции раствора нитрата натрия массой 210 г при температуре 40 °С добавили эту же соль массой 120 г и тщательно перемешали. После фильтрования



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 232 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



полученной смеси оказалось, что 36 г соли не растворилось. Рассчитайте массовую долю (%) нитрата натрия в исходном растворе, если при температуре 40 °С растворимость этой соли равна 100 г в 100 г воды.

**В11.** В герметичный сосуд постоянного объема поместили медный порошок массой 232 г и заполнили сосуд воздухом объемом (н. у.) 140 дм<sup>3</sup>. В результате прокаливании порошка плотность газа в сосуде снизилась на 16 %. Определите массу (г) твёрдого остатка после прокаливания.

**В12.** Термохимическое уравнение синтеза аммиака  $N_2(г.) + 3H_2(г.) = 2NH_3(г.) + 92 \text{ кДж}$ . Смесь азота с водородом общим объёмом (н. у.) 550 дм<sup>3</sup> поместили в реактор постоянного объёма для синтеза аммиака. За счет протекания реакции общее количество газов в реакторе уменьшилось в 1,12 раза. Вычислите, какое количество теплоты (кДж) выделилось при этом.

*Проверьте ваши ответы*

### Задачи для самостоятельного решения на различные темы

1. Приведите пример газообразного вещества с плотностью по водороду 14, которое может проявлять свойства окислителя и восстановителя. Запишите уравнения соответствующих реакций.
2. Рассчитайте массу электронов в эквимольной смеси оксидов азота (I) и азота (II) объёмом 11,2 л (н. у.), если масса одного электрона равна 0,00055 а.е.м.

*Ответ*

3. При растворении навески меди в 50 %-ной азотной кислоте выделилось 4,89 л (25 °С, 1 атм) смеси равных количеств двух газов, при этом плотность газовой смеси составила 1,554 г/л. Определите массу растворённой меди. *Ответ*
4. В 1000 мл 0,5 М раствора карбоната натрия с плотностью 1,05 г/мл растворили 4,48 л газообразного хлороводорода (н. у.). Рассчитайте молярные концентрации солей в полученном растворе, считая, что объём раствора не меняется



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 233 из 251

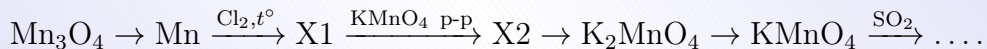
Назад

На весь экран

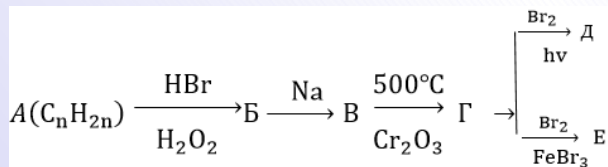
Закреть

при растворении хлороводорода. Как изменится качественный состав и масса раствора после его кратковременного нагревания до кипения? Напишите уравнения перечисленных реакций. *Ответ*

5. Старинный портрет с изображением М. В. Ломоносова был подвергнут радиоуглеродному анализу, результаты которого показали, что содержание  $^{14}\text{C}$  в холсте на 3,1 % меньше по сравнению с живыми растениями. Определите возраст картины. Мог ли это быть прижизненный портрет Ломоносова, если период полураспада  $^{14}\text{C}$  составляет 5730 лет? *Ответ*
6. Навеску кристаллогидрата карбоната натрия массой 50,00 г растворили в воде и объём раствора довели до 1,000 л. В полученном растворе  $\text{pH} = 11,82$ . Определите формулу кристаллогидрата. Константа диссоциации угольной кислоты по второй ступени  $K_a (\text{HCO}_3^-) = 4,8 \cdot 10^{-11}$ . *Ответ*
7. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенным ниже превращениям, и укажите условия их проведения (все вещества **X** содержат марганец):



8. Расшифруйте следующую схему превращений, если известно, что массовая доля водорода в соединении **A** на 4,84 % больше массовой доли водорода в соединении **Г**, а соединения **Д** и **Е** – изомеры с формулой  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}$ . Напишите уравнения протекающих реакция, укажите структурные формулы соединений.



*Ответ*



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 234 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

9. Для полной этерификации 25,2 г смеси двух алифатических одноосновных карбоновых кислот, различающихся по составу только на один атом углерода, потребовалось 18,4 г этанола. Установите строение кислот и их массовые доли в исходной смеси. *Ответ*
10. Экспериментатор проводил нагревание перманганата калия не очень внимательно и допустил изменения в температуре. В результате при разложении 20,00 г перманганата калия произошло образование не только манганата (IV), но и до манганата (V) калия (в результате дальнейшего частичного разложения манганата (VI) до манганата (V) калия). Потеря массы при этом составила 2,500 г. Напишите уравнения всех протекающих реакций, а также рассчитайте объём хлора (н. у.), который может образоваться при взаимодействии полученного твёрдого остатка с концентрированной соляной кислотой. *Ответ*
11. В стакан с водным раствором гидрокарбоната бария добавили негашенную известь и перемешали. После фильтрования смеси осталась чистая вода, а масса твердого остатка составила 122 г. Вычислите массу добавленной извести. *Ответ*
12. Для повышения устойчивости озон разбавили неоном. Полученная смесь объёмом (н. у.) 30 дм<sup>3</sup> имеет плотность 1,28 г/дм<sup>3</sup>. Рассчитайте максимальный объём (н. у., дм<sup>3</sup>) метана, который можно полностью окислить данной смесью. *Ответ*
13. Образец сплава с оловом массой 25,2 полностью растворили в избытке соляной кислоты. Металлы при этом перешли в степень окисления +2. В образовавшийся раствор погрузили железную пластинку 50 г и выдерживали до прекращения протекания реакций. Масса пластинки осталась равной 50 г. Рассчитайте массу (г) соли в конечном растворе. *Ответ*



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 235 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

## Ответы

### Занятие 3–4

*Задачи для самостоятельного решения по теме «Атомно-молекулярное учение. Основные понятия и законы химии»*

- а)  $1,96 \cdot 10^{24}$  молекул; б)  $6,92 \cdot 10^{24}$  молекул; в)  $2,41 \cdot 10^{25}$  молекул;  
г)  $7,52 \cdot 10^{21}$  молекул.
- а) 0,651 моль; б) 24,4 моль; в) 0,407 моль; г) 28,8 моль.
- а)  $9,03 \cdot 10^{23}$  ФЕ; б)  $2,29 \cdot 10^{24}$  ФЕ; в)  $1,20 \cdot 10^{25}$  ФЕ; г)  $3,37 \cdot 10^{24}$  ФЕ.
- а)  $9,03 \cdot 10^{22}$ ; б)  $1,51 \cdot 10^{23}$ ; в)  $9,03 \cdot 10^{23}$ ; г)  $2,29 \cdot 10^{24}$ .
- а) 128 г; б) 0,056 кг; в) 145 г; г) 1060 мг.
- а) 0,25 моль; б) 0,05 моль; в)  $2,23 \cdot 10^2$  моль; г)  $1,34 \cdot 10^{-2}$  моль.
- а)  $71,7 \text{ дм}^3$ ; б)  $1120 \text{ см}^3$ ; в)  $6,72 \text{ м}^3$ ; г)  $25,5 \text{ дм}^3$ .
- а) 1,43 моль; б)  $3,59 \cdot 10^6$  моль; в)  $1,41 \cdot 10^{-3}$  моль; г) 0,193 моль.
- а) 0,5 г; б) 0,5 г; в) 4,0 г; г) 0,25 г.
- а) 42 г; б) 3,15 г; в) 14 г; г)  $2,25 \cdot 10^{-2}$  г.
- а)  $33,6 \text{ дм}^3$ ; б)  $2,24 \text{ дм}^3$ ; в)  $0,804 \text{ дм}^3$ ; г)  $1867 \text{ дм}^3$ .
- а)  $9,49 \cdot 10^{23}$  молекул; б)  $2,97 \cdot 10^{23}$  молекул; в)  $6,94 \cdot 10^{23}$  молекул;  
г)  $9,92 \cdot 10^{24}$  молекул.
- а) 256 г/моль; б) 8 атомов.
- в 800 раз.
- $0,8 \text{ г Fe}_2\text{O}_3$ ;  $0,448 \text{ дм}^3 \text{ SO}_2$ .
- 0,04 моль.
- 8,4 г  $\text{HNO}_3$ ;  $0,75 \text{ дм}^3 \text{ NO}$ .
- а) 2,8 г; б) 373 г.
- $6,72 \text{ дм}^3 \text{ O}_2$ ; 16 г  $\text{CuO}$ ; 12,8 г  $\text{SO}_2$ .
- $1,68 \text{ дм}^3$ .
- $1,87 \text{ дм}^3$ .



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 236 из 251

Назад

На весь экран

Закрыть

22. 14,3 дм<sup>3</sup>.  
23. 5,6 дм<sup>3</sup>.  
24. 16,88 г осадка; в избытке 0,053 моль NaCl.  
25. 19,6 г.  
26. 30,6 г AgNO<sub>3</sub> и 143,5 г AgCl.  
27. 3,875 г осадка; 0,003 моль избыточного CaCl<sub>2</sub>.  
28. 0,347 моль O<sub>2</sub>.  
29. 10,7 г O<sub>2</sub>; 25,1 г ZnO; 19,8 г SO<sub>2</sub>.  
30. а) 2,33 г; б) 1,79 г Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.  
31. 18 г.  
32. а)  $m(\text{Mg}) : m(\text{Ca}) = 1 : 1$ ; б)  $N(\text{Mg}) : N(\text{Ca}) = 1,67$ .  
33. а)  $N(\text{Si}) : N(\text{Fe}) = 1,86$ ; б)  $m(\text{Fe}) : m(\text{Si}) = 1,077$ .  
34. Ca.  
35. P.  
36. N.  
37. 24,89 дм<sup>3</sup>.  
38.  $2,808 \cdot 10^{23}$ .  
39. 4,05 дм<sup>3</sup>.  
40.  $11,8 \cdot 10^{23}$ .  
41. 12,32 дм<sup>3</sup>.  
42. 19,6 г.

*Задачи для самостоятельного решения по теме «Нахождение формул веществ»*

1. Fe(OH)<sub>2</sub>.
2. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.
3. Al; 6,23 дм<sup>3</sup>.
4. MoS<sub>2</sub>.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 237 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

5. Fe.
6. Sr.
7.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .
8.  $N(\text{H}) = 1,44 \cdot 10^{24}$ .
9. Ca.
10.  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .
11. 8.
12.  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .
13.  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .
14.  $\text{KO}_2$ .
15.  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .

### **Занятие 5**

#### *Задачи для самостоятельного решения*

1. 65,4 %.
2. 3,6 г NaH.
3. 90,7 % Cu; 9,3 % Fe.
4. 47,4 %.
5. 0,64 г.
6. 5,05 г.
7. 50,3 % Al; 49,7 %  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ .
8. 12,9 %.
9. 70 %.
10. 0,83 г/дм<sup>3</sup>.
11. 0,1 моль  $\text{NaHCO}_3$ ; 0,1 моль  $\text{NaNO}_3$  и 0,049 моль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
12. 41,75 %.
13. 10,3 % NaBr и 11,7 % NaCl.
14. 9,8 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 7,8 %  $\text{HNO}_3$ .



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 238 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

15. 70 %.
16. 0,2 моль HCl и 0,1 моль HBr.
17. 2,688 дм<sup>3</sup>.
18. 1,4 г Fe; 5,1 г Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 3,5 г SiO<sub>2</sub>.
19. 51,5 %.
20. 22 % KNO<sub>3</sub>.
21. 20,5 % Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; 21,2 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 14,2 % NaNO<sub>3</sub>.
22. 69,5 % CaCO<sub>3</sub> и 30,5 % MgCO<sub>3</sub>.
23. 67,2 % NaCl; 32,8 % CuCl<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O; 1,792 дм<sup>3</sup> HCl.
24. 3,36 дм<sup>3</sup>.
25. 8,4 дм<sup>3</sup>.
26. 62,2 %.
27. 39 %.
28. 8 : 1.
29. 24,5 г.
30. 4,68 %.

## Занятие 6

### Задачи для самостоятельного решения

1. 0,051 моль/дм<sup>3</sup>·мин.
2. 0,04 моль/дм<sup>3</sup>·с.
3. 0,025 моль/дм<sup>3</sup>·с.
4. 0,025 моль/дм<sup>3</sup>·с.
5. 0,1 моль.
6. в 32 раза.
7. повысится в 256 раз.
8. на 40 °С.
9. а) 15 с; б) 8 мин.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 239 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

10. в 39 раз.
11. 2,45.
12. в 1,99 раза.
13. 2,0.
14. 144 с.
15. 80 °С.

## Занятие 7

### *Задачи для самостоятельного решения*

1. 0,45 моль/дм<sup>3</sup>·с.
2. 0,05 моль/дм<sup>3</sup>.
3. 0,3 моль/дм<sup>3</sup>.
4. 3 моль Н<sub>2</sub>; 1 моль N<sub>2</sub>.
5. 17,35 % NO; 8,68 % O<sub>2</sub>; 73,97 % NO<sub>2</sub>.
6. 4 моль СО и 3,5 моль O<sub>2</sub>.
7. 50 %.
8. 80 %.
9. 50 %.
10. 0,2 моль/дм<sup>3</sup>, 0,28 моль/дм<sup>3</sup>.
11. 0,1 моль/дм<sup>3</sup>·мин.
12. 0,042 моль/дм<sup>3</sup>, 0,014 моль/дм<sup>3</sup>.
13.  $3 \cdot 10^{-5}$ ,  $7,2 \cdot 10^{-6}$ .
14. 62,5 %.
15. 0,22 моль/дм<sup>3</sup>, 0,07 моль/дм<sup>3</sup>.
16. 0,16.
17. 0,03 моль/дм<sup>3</sup>, 66,7 %.
18. 50 %, 83,3 %, 90,9 %.
19. б, г.
20. б, г.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 240 из 251

Назад

На весь экран

Закреть



## Занятие 8

### Задачи для самостоятельного решения

1.  $-1648$  кДж/моль.
2.  $565,5$  кДж/моль.
3.  $90,37$  кДж/моль.
4.  $-824$  кДж/моль.
5.  $-116,5 \cdot 10^3$  кДж.
6. при сжигании ацетилена в 5,2 раза больше выделится теплоты.
7.  $47,04$  кДж/моль.
8.  $-986,33$  кДж/моль;  $\text{CaC}_2(\text{т}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{т}) + \text{C}_2\text{H}_2(\text{г})$ .
9.  $866,9$  кДж/моль.
10.  $-110,5$  кДж/моль.
11.  $0,96075$  кДж.
12. увеличилась на  $112$  кДж/моль.

## Занятие 9

### Задачи для самостоятельного решения

1.  $2,46$  дм<sup>3</sup>.
2.  $35,1$  дм<sup>3</sup>.
3.  $48,3$  %.
4.  $\omega(\text{HCl}) = 37,4$  %.
5.  $75$  %.
6.  $4,9$  моль/дм<sup>3</sup>.
7.  $23,1$  дм<sup>3</sup>.
8.  $148$  дм<sup>3</sup>.
9.  $71,9$  дм<sup>3</sup>.
10.  $35,2$  %.
11.  $178$  г.



**Кафедра  
химии**

Начало

Содержание



Страница 241 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

12. 1,34 моль/дм<sup>3</sup>.
13. 0,057 моль/дм<sup>3</sup> Ва(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; 0,057 моль/дм<sup>3</sup> Ва(OH)<sub>2</sub>.
14.  $c(\text{K}^+) = c(\text{Cl}^-) = 0,067$  моль/дм<sup>3</sup>.
15.  $c(\text{Na}^+) = 0,04$  моль/дм<sup>3</sup>;  $c(\text{NO}_3^-) = 0,03$  моль/дм<sup>3</sup>;  $c(\text{Cl}^-) = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup>.
16. 10,1 %; 2,8 моль/дм<sup>3</sup>.
17. 7 дм<sup>3</sup>.
18. 147,9 г.
19. 31,1 %.
20. 12,8 %.
21. 0,21.
22. в 1,68.
23. 74,4 см<sup>3</sup>.
24. 120 г.
25. 8,55 %.
26. 101,8 см<sup>3</sup>.
27. 8,7 %; 13,05 %.
28. 3,75 г.
29. 8,18 г.
30. 18 %.
31. 187 см<sup>3</sup>.
32. нет.
33. 204,6 г.
34. а) 33,33 % и 44,44 %; б) 399,3 г.
35. 27,5 г.
36. 9,22 г.
37. 37,4 г.
38. 35,5 г.
39. 445,1 см<sup>3</sup>.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 242 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

40. 4,3 г H<sub>2</sub>O и 6,5 г FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O.  
41. 82,2 г H<sub>2</sub>O и 25,3 г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10H<sub>2</sub>O.  
42. 139,3 г.  
43. 153,6 см<sup>3</sup> и 66,4 г.  
44. 18,1 г MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O.  
45. 55,6 г.  
46. 373,6 г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10H<sub>2</sub>O, 17,9 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.  
47. K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O.  
48. 19,7 г.

## Занятие 10

### *Задачи для самостоятельного решения*

- 1,77 %.
- 0,2 %.
- $N(\text{H}^+) = 6,02 \cdot 10^{19}$ ;  $N(\text{ClO}^-) = 6,02 \cdot 10^{19}$ ;  $N(\text{HClO}) = 5,9598 \cdot 10^{21}$ .
- $3 \cdot 10^{-5}$ .
- 0,12 моль.
- кальций.
- 0,002 моль.
- 55,4 г.
- 1 моль.
- калий.
- 4 %.
- 0,9 %.
- 6,3 %
- HNO<sub>2</sub>.
- 1,26 моль.
- $3,3 \cdot 10^{-4}$  г.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 243 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

18. 16,7 г.
19.  $m(\text{р-ра Na}_2\text{SO}_4) : m(\text{р-ра KCl}) = 5,72 : 1$ .
20. 0,05 моль/дм<sup>3</sup>.
21. 0,03 моль/дм<sup>3</sup>.
22.  $\alpha = 10 \%$ ;  $c_0(\text{HF}) = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup>.
23. 3.
24. 4.
25. 0,003.
26.  $1,24 \cdot 10^{-4}$ .
27. 0,03;  $1,5 \cdot 10^{-3}$ .
28. 0,18.
29. 0,0108;  $8,76 \cdot 10^{-4}$ .
30.  $2,4 \cdot 10^{-5}$ ;  $1,4 \cdot 10^{-4}$ .
31.  $9 \cdot 10^{-3}$ .
32.  $4,3 \cdot 10^{-5}$ .

## Занятие 12

### *Задачи для самостоятельного решения*

1. нет.
2. нет.
3. с иодидом в кислой среде.
4. да.
5. увеличится в 1,1 раза.
6. 1)  $2,65 \cdot 10^{15}$ ; 2)  $4,07 \cdot 10^{96}$ ; 3)  $4,76 \cdot 10^{12}$ ; 4)  $5,15 \cdot 10^{12}$ ; 5)  $1,12 \cdot 10^{-3}$ .

## Занятие 13–14

### *Задачи для самостоятельного решения*

1. 3,26 см<sup>3</sup>; 2,56 г.
2. 10,5 г.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 244 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

3. 23,8 см<sup>3</sup>.
4. 40 дм<sup>3</sup>.
5.  $V(\text{Ba}(\text{OH})_2) / V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,64$ .
6. 715,6 см<sup>3</sup>.
7. 2,1 г.
8. 18,75 г.
9. 4,41 дм<sup>3</sup>.
10. Mg.
11. 45 см<sup>3</sup>.
12. 11,3 г.
13. Ag.
14. 31,7 %.
15. 10 г SO<sub>3</sub>; 39 г H<sub>2</sub>O.
16. 0,56 г Fe; 0,69 г FeO и 0,75 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
17. 28,9 %.
18.  $\omega = 0,05 \%$ ;  $\varphi = 0,034 \%$ .
19. 0,112 дм<sup>3</sup>.
20. 21,75 г.
21. 22,5 г.
22. 7,1 г.
23. 2,24 дм<sup>3</sup>.
24. 27,6 г.
25. 3,92 г.
26. 29 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.
27. 13,8 % NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.
28. 23 г NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.
29. 47,7 % Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.
30. 50 г CaCO<sub>3</sub>.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 245 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

31. 90 г  $\text{CaCO}_3$ .
32. 6,38 %  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; 7,78 %  $\text{NaOH}$ .
33. 136 г/моль.
34.  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .
35. 0,06 моль  $\text{NaHCO}_3$  и 0,01 моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
36. 20,6 г  $\text{KHS}$  и 23,5 г  $\text{K}_2\text{S}$ .
37. 0,5 моль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и 1 моль  $\text{NaHSO}_4$ .
38. 0,11 моль  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  и 0,145 моль  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ .
39. 0,03 моль  $\text{K}_3\text{PO}_4$  и 0,03 моль  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ .
40. 19,7 %  $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ .

### Занятие 15–16

#### *Задачи для самостоятельного решения*

2.  $\text{CH}_4\text{O}$ .
3. 76,8 г.
4.  $V(\text{C}_2\text{H}_6) = 81,33\%$ ;  $V(\text{C}_2\text{H}_4) = 18,67\%$ .
5.  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ .
6.  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ , бутанол. Формулы его изомеров таковы:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$  (бутанол-1),  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (бутанол-2).
7. диметилбензол  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ , для которого можно написать три формулы, соответствующие орто-, мета- и параизомерам.
8. 1,25  $\text{дм}^3$ .
9.  $\text{C}_8\text{H}_{10}$ .
10.  $\text{HCHO}$  – муравьиный альдегид (метаналь).
11.  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .
12. 200 кг.
13. 18 %  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; 9,2 %  $\text{HCOOH}$ .
14.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}(\text{CH}_3)_3$ .



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 246 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

15. 80 %, 28,8 см<sup>3</sup> C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH.

16. 46,3 % этилацетата, 53,7 % фенилацетата.

17. 45,9 г стеарата натрия, 4,6 г глицерина.

### Занятие 17–18

#### Задачи для самостоятельного решения

2.  $\omega(\text{HCOOH}) = 1,65 \%$ , степень диссоциации равна 2,22 %;  $\text{pH} = 2,65$ .

$\omega(\text{HCOOH}) = 10,93 \%$ ,  $\text{pH} = 2,61$ .

3. **A** – SO<sub>2</sub>, **B** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, **B** – P<sub>2</sub>S<sub>5</sub>. Массовая доля сульфата меди станет 15 %, т. е. уменьшится в 1,04 раза. При изменении условий массовая доля сульфата меди уменьшится в 10,6 раз, станет равной 1,47 %.

4. **A** – C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>O (эмпирическая формула), C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub> – пирокатехин(орто-изомер), гидрохинон (пара-изомер), резорцин (мета-изомер). Вещество **B** принадлежит классу простых эфиров.

6.  $V(\text{воздуха}) = 167,8 \cdot 10^6 \text{ дм}^3$ ;  $V(\text{природного газа}) = 108,4 \cdot 10^6 \text{ дм}^3$ ; объемная доля водорода равна 32 %.

7. из этилена образуется циклогексан, из бутена-2 образуется 4,5-диметилциклогексен-1. Реагентами были 2,3-диметилбутадиен-1,3 и пропеналь (акролеин). Из цис-реагента образуется один аддукт, из транс-реагента образуется два энантиомерных аддукта.

8. **A** – КН (гидрид калия); задача будет иметь два решения: КН и Са.

9. металл – натрий, соль – сульфат натрия,  $m(\text{навески}) = 50,97 \text{ г}$ . Вещество **A** – Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O, вещество **B** – Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; масса смеси равна 70,46 г; растворимость вещества **B** при 20 °С составляет 44,4 г на 100 г воды.

### Занятие 19

#### Задачи для самостоятельного решения

1. 116 дм<sup>3</sup>.

2. 85 г.



Кафедра  
химии

Начало

Содержание



Страница 247 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть

3. 20 %.
4. 50 моль/дм<sup>3</sup>.
5. 32 г.
6. 88 г/моль.
7. 18 г/моль.
8. 166 г/моль.
9. 198 см<sup>3</sup>.
10. 25 %.
11. 80 %.

### Часть А

- A1. 2
- A2. 3
- A3. 2
- A4. 4
- A5. 2
- A6. 1
- A7. 2
- A8. 4
- A9. 3
- A10. 3
- A11. 1
- A12. 4
- A13. 3
- A14. 2
- A15. 3
- A16. 4
- A17. 1



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 248 из 251

Назад

На весь экран

Заккрыть



A18. 2  
A19. 3  
A20. 2  
A21. 4  
A22. 1  
A23. 4  
A24. 3  
A25. 4  
A26. 1  
A27. 1  
A28. 3  
A29. 4  
A30. 3  
A31. 1  
A32. 3  
A33. 2  
A34. 1  
A35. 2  
A36. 1

### **Часть В**

B1. A2B3B2Г1  
B2. 245  
B3. 856  
B4. 116  
B5. 137  
B6. A7B4B3Г5  
B7. A2B1B4Г3



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 249 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

B8. 2346

B9. 32

B10. 30

B11. 261

B12. 121

### Задачи для самостоятельного решения на различные темы

2. 4,95 мг.

3. 12,8 г.

4. до нагревания  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,3$  моль/л,  $c(\text{NaHCO}_3) = 0,2$  моль/л,  $c(\text{NaCl}) = 0,2$  моль/л. После нагревания  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,4$  моль/л,  $c(\text{NaCl}) = 0,2$  моль/л. Масса уменьшилась на 4,4 г.

5. 261 год, изображение могло быть прижизненным портретом М. В. Ломоносова.

6.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

8. **X1** –  $\text{MnCl}_2$ , **X2** –  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{FeBr}_3$ .

9. 71,43 %  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 28,57 %  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$ .

10. 3,674 л.

11. 23.

12. 7.

13. 57.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 250 из 251

Назад

На весь экран

Закреть

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия / Н. С. Ахметов. – М. : Высш. шк., 2014. – 752 с.
2. Барковский, Е. В. Тесты по химии для школьников и абитуриентов / Е. В. Барковский, А. И. Врублевский. – Минск : Юнипресс, 2003. – 191 с.
3. Врублевский, А. И. Тренажер по химии / А. И. Врублевский. – 7-е изд., перераб. и доп. – Минск : Красико-Принт, 2016. – 720 с.
4. Глинка, Н. Л. Общая химия / Н. Л. Глинка. – М. : Интеграл-Пресс, 2004. – 728 с.
5. Глинка, Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии / под ред. В. А. Рабиновича и Х. М. Рубинной. – М. : Интеграл-Пресс, 2003. – 240 с.
6. Добрынина, Н. А. Бионеорганическая химия : метод. пособие для студентов 1 курса / Н. А. Добрынина. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2007. – 36 с.
7. Лидин, Р. А. Задачи по неорганической химии / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. И. Андреева / под ред. Р. А. Лидина. – М. : Высш. шк., 2000. – 560 с.
8. Централизованное тестирование. Химия : сб. тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск : Аверсэв, 2016. – 55 с.
9. Централизованное тестирование. Химия : сб. тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск : Аверсэв, 2017. – 55 с.
10. Централизованное тестирование. Химия : сб. тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск : Новое знание, 2018. – 56 с.
11. Централизованное тестирование. Химия : сб. тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск : Аверсэв, 2019. – 56 с.
12. Централизованное тестирование. Химия : сб. тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. – Минск : Новое знание, 2020. – 64 с.



*Кафедра  
химии*

Начало

Содержание



Страница 251 из 251

Назад

На весь экран

Закреть