



Л.Н. МИШЕНИНА, С.А. КУЗНЕЦОВА, Л.В. ЦЫРО

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ ЗАОЧНОЙ ШКОЛЫ «ЮНЫЙ ХИМИК»

9–11 классы

Учебно-методическое пособие

**ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2007**

УДК 54(076.1):087.5
ББК 24
М71

Мишенина Л.Н., Кузнецова С.А., Цыро Л.В.
М71 **Задачи и упражнения для заочной школы «Юный химик». 9–11 классы: Учеб.-мет. пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. – 85 с.**

ISBN 2-1211-1007-2

Учебно-методическое пособие предназначено для учащихся 9–11 классов средних общеобразовательных школ по профилю «химия». В пособии содержится большое количество задач, которые позволяют учащимся закрепить знания, полученные во время теоретических занятий. Задачи подобраны в виде индивидуальных заданий, содержащих по 4 варианта.

В течение обучения учащимся заочной школы «Юный химик» предлагается выполнение 3 заданий. Для успешного выполнения заданий необходимо тщательно проработать теоретический материал. Критерий его усвоения – это умение применять полученные знания при решении качественных и расчетных задач.

Учебно-методическое пособие может быть использовано для подготовки к химическим олимпиадам различного уровня.

**УДК 543(076.1):087.5
ББК 24**

Рецензент:

Батырева В.А., канд. хим. наук, доцент

ISBN 2-1211-1007-2

©Томский государственный университет

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССА.....	4
ЗАДАНИЕ 1.....	4
<i>Примеры решения задач</i>	<i>4</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>8</i>
ЗАДАНИЕ 2.....	10
<i>Примеры решения задач</i>	<i>10</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>17</i>
ЗАДАНИЕ 3.....	20
<i>Примеры решения задач</i>	<i>20</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>27</i>
ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 10 КЛАССА.....	31
ЗАДАНИЕ 1.....	31
<i>Примеры решения задач</i>	<i>31</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>35</i>
ЗАДАНИЕ 2.....	37
<i>Примеры решения задач</i>	<i>37</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>41</i>
ЗАДАНИЕ 3.....	44
<i>Примеры решения задач</i>	<i>44</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>48</i>
ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 11 КЛАССА.....	53
ЗАДАНИЕ 1.....	53
<i>Примеры решения задач</i>	<i>53</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>58</i>
ЗАДАНИЕ 2.....	60
<i>Примеры решения задач</i>	<i>60</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>66</i>
ЗАДАНИЕ 3.....	70
<i>Примеры решения задач.....</i>	<i>70</i>
<i>Задачи для самостоятельного решения.....</i>	<i>78</i>
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	84

ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССА

ЗАДАНИЕ 1

Задание включает материал по химии элементов по теме «Водород. Галогены», а также по общей химии по темам «Растворы. Способы выражения содержания растворенного вещества», «Электролитическая диссоциация». Для выполнения задания необходимо рассмотреть химию водорода и элементов семнадцатой группы периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева, ознакомиться с понятиями «массовая доля растворенного вещества» и «молярная концентрация», изучить теорию электролитической диссоциации, вспомнить основные понятия химии и расчеты по уравнениям химических реакций.

Примеры решения задач

Пример 1.

Колба с 250 г хлорной воды выставлена на солнечный свет. Выделившийся газ собран, его объем оказался равным 0,112 л (н. у.). Какова концентрация исходного раствора хлора (в % по массе)? Какой газ выделился из хлорной воды?

Дано:

$$m (\text{хл. в.}) = 250 \text{ г}$$

$$V (\text{газ}) = 0,112 \text{ л (н. у.)}$$

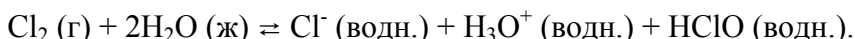
$$M (\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$\omega (\text{Cl}_2)$$

Решение:

При растворении хлора в воде происходит образование хлорноватистой кислоты:



На свету хлорноватистая кислота разлагается с образованием газообразного кислорода:



Суммарное уравнение процесса имеет вид:



Рассчитаем количество выделившегося кислорода:

$$n(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{0,112}{22,4} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции 1 моль кислорода соответствует 2 молям хлора, следовательно, количество прореагировавшего хлора равно 0,01 моль ($5 \cdot 10^{-3} \cdot 2$). Тогда масса хлора составляет:

$$m = M \cdot n = 35,5 \cdot 0,01 = 0,71 \text{ (г)}.$$

Если принять, что весь хлор, содержащийся в хлорной воде, прореагировал, то массовая доля хлора равна:

$$\omega = \frac{m(\text{Cl}_2)}{m(\text{p - ра})} \cdot 100 = \frac{0,71}{250} \cdot 100 = 0,28 \text{ (\%)}$$

Ответ: $\omega(\text{Cl}_2) = 0,28 \text{ \%,}$ выделившийся газ – кислород.

Пример 2.

Твердое кристаллическое соединение, состоящее из одновалентного металла и одновалентного неметалла, энергично реагирует с водой и водными растворами кислот с выделением водорода. При взаимодействии с водой этого вещества массой 2,4 г выделился водород объемом 2630 мл, измеренный при 37 °С и давлении $9,8 \cdot 10^4$ Па, а раствор приобрел щелочную реакцию. Определите состав вещества и напишите уравнения реакций его взаимодействия с водой и соляной кислотой.

Дано:

$$m(\text{МЭ}) = 2,4 \text{ г (М – металл, Э – неметалл)}$$

$$V(\text{H}_2) = 2630 \text{ мл} = 2,63 \text{ л}$$

$$t = 37 \text{ °С (} T = 310 \text{ К)}$$

$$p = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Найти:

МЭ

Решение:

Э – водород, поскольку только гидриды металлов реагируют с водой и кислотами с выделением водорода. Для определения металла необходимо вычислить молярную массу гидроксида.

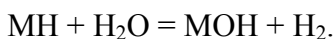
Определим количество выделившегося водорода. Сначала приведем объем газа к нормальным условиям:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T}, \text{ следовательно, } V_0 = \frac{T_0 p V}{p_0 T} = \frac{273 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \cdot 2,63}{1,013 \cdot 10^5 \cdot 310} = 2,24 \text{ (л)}$$

Рассчитаем количество выделившегося газа:

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ (моль)}$$

Запишем уравнение реакции взаимодействия гидроксида одновалентного металла с водой:



По уравнению реакции 1 моль водорода соответствует 1 моль гидроксида, следовательно, в реакцию вступил 1 моль MH.

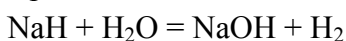
Вычислим молярную массу гидроксида:

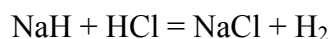
$$M = \frac{m}{n} = \frac{2,4}{0,1} = 24 \text{ (г/моль)}$$

Атомная масса водорода равна 1 г/моль, поэтому атомная масса металла равна 23 г/моль (24 – 1). Этот металл – натрий.

Искомое вещество гидрид натрия – NaN.

Уравнения взаимодействия:





Пример 3.

Какой объем раствора с массовой долей серной кислоты 9,3 % (плотность 1,05 г/мл) потребуется для приготовления раствора 0,35 моль/л серной кислоты объемом 40 мл?

Дано:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9,3 \%$$

$$\rho = 1,05 \text{ г/мл}$$

$$C_M = 0,35 \text{ моль/л}$$

$$V = 40 \text{ мл}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$V(\text{р-ра})$$

Решение:

Вычислим количество вещества серной кислоты, необходимое для приготовления 40 мл 0,35 моль/л раствора. По определению молярной концентрации в 1 л (1000 мл) раствора содержится 0,35 моль серной кислоты, тогда:

$$0,35 \text{ моль} - 1000 \text{ мл}$$

$$n \text{ моль} - 40 \text{ мл},$$

$$n = \frac{40 \cdot 0,35}{1000} = 0,014 \text{ (моль)},$$

то есть для приготовления раствора нужно взять 0,014 моль кислоты.

Вычислим массу 0,014 моль серной кислоты:

$$m = n \cdot M = 0,014 \cdot 98 = 1,37 \text{ (г)}$$

Определим массу 9,3 %-ного раствора, содержащего 1,37 г серной кислоты:

$$\omega = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{р-ра})} \cdot 100, \text{ тогда}$$

$$m(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot 100}{\omega} = \frac{1,37 \cdot 100}{9,3} = 14,75 \text{ (г)}.$$

Вычислим объем раствора:

$$V = \frac{m(\text{р-ра})}{\rho} = \frac{14,75}{1,05} = 14,05 \text{ (мл)}.$$

Ответ: $V(\text{р-ра}) = 14,05 \text{ мл}$.

Пример 4.

Составьте уравнения реакций, протекающих с участием водных растворов электролитов, в молекулярной, ионной и сокращенной ионной формах:

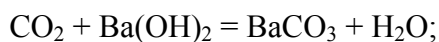
- между оксидом углерода (IV) и гидроксидом бария;
- между оксидом кальция и хлороводородной кислотой;
- между силикатом натрия и хлороводородной кислотой;
- между иодидом калия и нитратом свинца (II);

д) между сульфидом железа (II) и серной кислотой.

Решение:

а) взаимодействие между оксидом углерода (IV) и гидроксидом бария:

молекулярная форма:



ионная форма:

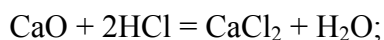


сокращенная ионная форма:

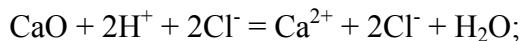


б) взаимодействие между оксидом кальция и хлороводородной кислотой:

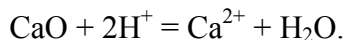
молекулярная форма:



ионная форма:

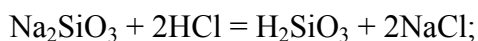


сокращенная ионная форма:



в) взаимодействие между силикатом натрия и хлороводородной кислотой:

молекулярная форма:



ионная форма:

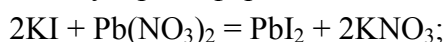


сокращенная ионная форма:

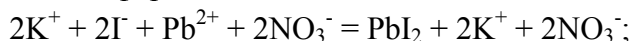


г) взаимодействие между иодидом калия и нитратом свинца (II):

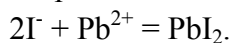
молекулярная форма:



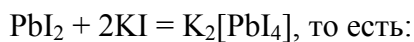
ионная форма:



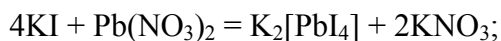
сокращенная ионная форма:



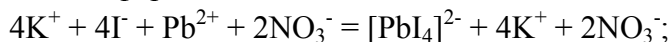
возможно:



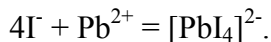
молекулярная форма:



ионная форма:

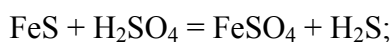


сокращенная ионная форма:

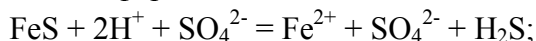


д) взаимодействие между сульфидом железа (II) и серной кислотой:

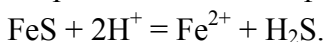
молекулярная форма:



ионная форма:



сокращенная ионная форма:



Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1

1. Охарактеризуйте элемент фтор, для этого укажите:
 - положение фтора в периодической системе Д.И. Менделеева, электронную формулу атома фтора;
 - распространенность фтора в природе, изотопы фтора;
 - возможные степени окисления (привести примеры соединений);
 - строение молекулы фтора;
 - физические свойства молекулярного фтора;
 - химические свойства молекулярного фтора;
 - важнейшие соединения фтора и их свойства;
 - получение фтора в лаборатории и промышленности.
2. Какие объемы хлора и водорода потребуются (н. у.) для получения 1000 кг 37 % (мас.) раствора соляной кислоты?
3. Остаток, полученный после термического разложения хлората калия KClO_3 в присутствии оксида марганца (IV), растворили в воде. К раствору добавили избыток раствора нитрата серебра, получив осадок массой 57,4 г. Какой объем кислорода выделился при разложении KClO_3 ? Объем рассчитайте при н. у.
4. Как, не применяя электролиза, получить следующие соединения:
 $\text{NaCl} \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3$?
5. Какой объем раствора с массовой долей карбоната натрия 0,15 (плотность 1,16 г/мл) надо взять для приготовления раствора 0,45 моль/л Na_2CO_3 объемом 120 мл?
6. Могут ли одновременно быть в растворе следующие пары веществ: а) NaOH и P_2O_5 ; б) Ba(OH)_2 и CO_2 ; в) KOH и HCl ; г) CuSO_4 и BaCl_2 ; д) AgNO_3 и NaCl ? Ответ поясните, приведите все необходимые уравнения реакций в молекулярной, ионной и сокращенной ионной формах.

Вариант 2

1. Охарактеризуйте элемент хлор, для этого укажите:
 - положение хлора в периодической системе Д.И. Менделеева, электронную формулу атома хлора;
 - распространенность хлора в природе, изотопы хлора;
 - возможные степени окисления (привести примеры соединений);
 - строение молекулы хлора;
 - физические свойства молекулярного хлора;
 - химические свойства молекулярного хлора;
 - важнейшие соединения хлора и их свойства;
 - получение хлора в лаборатории и промышленности.
2. К раствору, содержащему 1,6 г бромида калия, прибавили 5 г технического брома, содержащего примесь хлора. После упаривания смеси было получено 1,155 г твердого остатка. Определите массовую долю (в %) хлора в препарате брома.
3. Имеются две соли А и В. Одна из них А – оранжевая, хорошо растворимая в воде, ее раствор окрашивает пламя в бледно-фиолетовый цвет. Соль А – окислитель, при ее взаимодействии с восстановителем в кислой среде окраска раствора меняется на

зеленовато-фиолетовую. Другая соль В – белая, при нагревании разлагается на газообразные продукты. Раствор соли при взаимодействии с нитратом серебра дает белый творожистый осадок. Соли А и В реагируют между собой. Определите, какие это соли. Рассчитайте молярный состав смеси А и В, при нагревании которой выделилось 2,24 л газа, а в продукте реакции, обработанном водой, было получено 15,2 г оксида металла (III) зеленого цвета, практически нерастворимого в воде.

4. В двух пробирках налита бромная и йодная вода. Определите опытным путем, в какой пробирке находится йодная вода.

5. Определите массовую долю хлорида кальция в растворе с концентрацией 1,4 моль/л CaCl_2 , плотность которого равна 1,12 г/мл.

6. Напишите в молекулярном и ионном виде уравнения всех возможных реакций между следующими веществами, взятыми попарно: оксид магния, хлороводородная кислота, сульфит натрия, хлорид кальция, нитрат серебра.

Вариант 3

1. Охарактеризуйте элемент бром, для этого укажите:

- положение брома в периодической системе Д.И. Менделеева, электронную формулу атома брома;
- распространенность хлора в природе, изотопы брома;
- возможные степени окисления (привести примеры соединений);
- строение молекулы брома;
- физические свойства молекулярного брома;
- химические свойства молекулярного брома;
- важнейшие соединения брома и их свойства;
- получение брома в лаборатории и промышленности.

2. Каменная соль одного из месторождений содержит хлорид натрия (массовая доля 96 %), хлорид кальция (0,2 %), хлорид магния (0,2 %) и другие компоненты, не содержащие хлор. Какой объем соляной кислоты с массовой долей HCl 36 % и плотностью 1,18 г/мл можно получить из образца каменной соли массой 5 кг?

3. Приведите примеры кислот одного и того же элемента X с формулами H_nXO_m , $\text{H}_n\text{XO}_{m+1}$, $\text{H}_n\text{XO}_{m+2}$, $\text{H}_n\text{XO}_{m+3}$ (для $m = n$ и $m < n$); назовите приведенные вещества, сравните силу кислот.

4. Укажите лабораторные и промышленные способы получения водорода. Назовите наиболее важные области применения водорода в промышленности.

5. В лаборатории имеется раствор хлорида калия с концентрацией 3 моль/л. Определите его объем, который потребуется для приготовления раствора объемом 200 мл с массовой долей KCl 8 % и плотностью 1,05 г/мл.

6. В четырех пробирках без надписей находятся растворы следующих веществ: сульфата натрия, карбоната натрия, нитрата натрия и йодида натрия. Укажите, с помощью каких реагентов можно определить, где какая соль находится. Напишите уравнения реакций в молекулярной и сокращенной ионной формах.

Вариант 4

1. Составьте таблицу сравнительных свойств галогенов:

Галоген	Молекулярная формула простого вещества	Агрегатное состояние в обычных условиях	Формула водородного соединения	Возможные степени окисления в соединениях с кислородом	Формула высшего оксида

Ответьте на вопросы:

– Как изменяются физические свойства (агрегатное состояние, цвет, температуры плавления и кипения) простых веществ галогенов с ростом относительной атомной массы соответствующих элементов. При ответе используйте различие в электронном строении атомов галогенов. Как изменяется химическая активность галогенов по отношению к водороду? Ответ поясните.

– Какова формула кислоты, соответствующей высшему оксиду хлора? Составьте уравнения реакций взаимодействия этой кислоты с веществами известных вам классов неорганических соединений (металл, оксид металла, основание, соль).

– Какими свойствами фтор выделяется среди галогенов? Приведите известные вам реакции, при помощи которых можно определить молекулярный йод и ионы галогенов.

2. Весь хлороводород, полученный действием избытка серной кислоты на хлорид калия массой 14,9 г, поглотили водой массой 200 г. Определите массовую долю хлороводорода в растворе, если его выход в реакции составил 70 %.

3. Газ А – бесцветный, с резким запахом, хорошо растворяется в воде. При действии цинка на водный раствор этого газа выделяется горючий газ В, который при пропускании над твердым веществом С черного цвета превращает его в простое вещество красного цвета Д. Что собой представляют вещества А, В, С и Д? Напишите уравнения всех реакций.

4. Укажите, в виде каких соединений хлор встречается в природе. Приведите способы лабораторного и промышленного получения хлора.

5. Вычислите, какой объем раствора хлорида натрия с концентрацией 3 моль/л плотностью 1,12 г/мл надо прилить к воде массой 200 г, чтобы получить раствор с массовой долей NaCl 10 %.

6. Укажите, с помощью каких реагентов можно различить растворы серной, азотной и соляной кислот, находящихся в трех пробирках. Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярной и ионной формах.

ЗАДАНИЕ 2

Задание включает материал по химии элементов «Кислород, сера», «Азот, фосфор» а также по общей химии по темам: «Растворы. Гидролиз солей», «Электролитическая диссоциация», «Химическое равновесие». Для выполнения задания необходимо рассмотреть химию элементов кислорода, серы, азота и фосфора, ознакомиться с процессами, протекающими при растворении солей в воде, вспомнить основные понятия химии, расчеты по уравнениям химических реакций, теорию электролитической диссоциации.

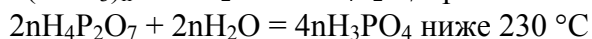
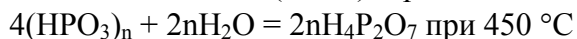
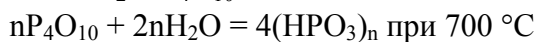
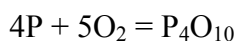
Примеры решения задач

Пример 1.

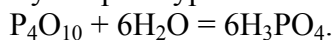
Укажите, какие химические процессы лежат в основе получения фосфорной кислоты. Напишите уравнения реакций получения H_3PO_4 .

Решение:

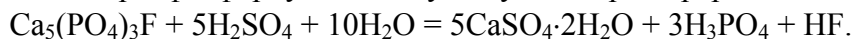
Термический способ получения фосфорной кислоты основан на окислении элементарного фосфора в избытке воздуха с последующей гидратацией образующегося оксида фосфора (V) и конденсацией фосфорной кислоты:



Суммарное уравнение:



Также ортофосфорную кислоту получают при переработке апатитов:



Пример 2.

К 24 %-ному раствору нитрата аммония (плотность 1,1 г/мл) объемом 45,45 мл прибавили 80 г 10 %-ного раствора гидроксида натрия. Полученный раствор быстро прокипятили (потерями паров воды пренебречь). Определите, какие вещества остались после этого в растворе, и рассчитайте их содержание (в процентах по массе).

Дано:

$$\omega(NH_4NO_3) = 24\%$$

$$\rho = 1,1 \text{ г/мл}$$

$$V = 45,45 \text{ мл}$$

$$m(\text{р-ра}) = 80 \text{ г}$$

$$\omega(NaOH) = 10\%$$

$$M(NH_4NO_3) = 80 \text{ г/моль}$$

$$M(NaOH) = 40 \text{ г/моль}$$

$$M(NaNO_3) = 85 \text{ г/моль}$$

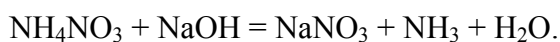
$$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$\omega(\text{полученных веществ})$$

Решение:

Запишем уравнение реакции взаимодействия между растворами нитрата аммония и гидроксида натрия:



Вычислим количество вступивших в реакцию веществ. Масса раствора нитрата аммония равна:

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 45,45 \cdot 1,1 = 50 \text{ (г)}.$$

Масса нитрата аммония равна:

$$m(NH_4NO_3) = \frac{m(\text{р-ра}) \cdot \omega}{100} = \frac{50 \cdot 24}{100} = 12 \text{ (г)}.$$

Количество вещества нитрата аммония составляет:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{12}{80} = 0,15 \text{ (моль)}.$$

Масса гидроксида натрия равна:

$$m(NaOH) = \frac{m(\text{р-ра}) \cdot \omega}{100} = \frac{80 \cdot 10}{100} = 8 \text{ (г)}.$$

Количество вещества гидроксида натрия составляет:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{8}{40} = 0,20 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции взаимодействия на 1 моль нитрата аммония приходится 1 моль гидроксида натрия. В исходной смеси содержится 0,15 моль нитрата аммония и 0,20 моль гидроксида натрия, следовательно, гидроксид натрия взят в избытке. Избыток составляет $0,20 - 0,15 = 0,05$ моль или 2 г ($m(\text{NaOH}) = n \cdot M = 0,05 \cdot 40 = 2,00$ г).

Вычислим количество образовавшегося нитрата натрия. По уравнению реакции 1 моль нитрата аммония соответствует 1 молю нитрата натрия. В реакцию вступило 0,15 моль нитрата аммония, следовательно, образовалось 0,15 моль нитрата натрия или 12,75 г ($m(\text{NaNO}_3) = n \cdot M = 0,15 \cdot 85 = 12,75$ г). В растворе после завершения реакции содержится 2 г гидроксида натрия и 12,75 г нитрата натрия (аммиак – газообразное вещество).

Для расчета массовой доли веществ определим массу раствора. Масса раствора после завершения реакции включает массы: воды, поступившей с раствором нитрата аммония ($m_1(\text{H}_2\text{O})$); воды, содержащейся в растворе гидроксида натрия ($m_2(\text{H}_2\text{O})$); воды, образовавшейся по реакции ($m_3(\text{H}_2\text{O})$); оставшегося гидроксида натрия ($m(\text{NaOH})$); образовавшегося нитрата натрия ($m(\text{NaNO}_3)$).

$$m_1(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{p-ра}) - m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 50 - 12 = 38 \text{ (г)}.$$

$$m_2(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{p-ра}) - m(\text{NaOH}) = 80 - 8 = 72 \text{ (г)}.$$

$$m_3(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,15 \cdot 18 = 2,70 \text{ (г)}.$$

$$m(\text{p-ра}) = m_1(\text{H}_2\text{O}) + m_2(\text{H}_2\text{O}) + m_3(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NaOH}) + m(\text{NaNO}_3) = 38 + 72 + 2,70 + 2 + 12,75 = 127,45 \text{ (г)}.$$

Вычислим массовые доли веществ в растворе:

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{p-ра})} \cdot 100 = \frac{2}{127,45} \cdot 100 = 1,57 \text{ \%};$$

$$\omega(\text{NaNO}_3) = \frac{m(\text{NaNO}_3)}{m(\text{p-ра})} \cdot 100 = \frac{12,75}{127,45} \cdot 100 = 10,00 \text{ \%}.$$

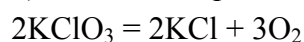
Ответ: $\omega(\text{NaOH}) = 1,57 \text{ \%}; \omega(\text{NaNO}_3) = 10,00 \text{ \%}$.

Пример 3.

Назовите вещества, состоящие из трех и более элементов, каждое из которых разлагается с выделением кислорода, причем масса выделившегося кислорода составляет не менее 10 % массы разложившихся веществ.

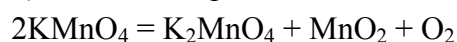
Решение:

1) KClO_3 – хлорат калия.



$$\alpha(\text{O}_2) = \frac{3 \cdot m(\text{O}_2)}{2 \cdot m(\text{KClO}_3)} = \frac{3 \cdot 32}{2 \cdot 122,5} = 39 \text{ (\%)}$$

2) KMnO_4 – перманганат калия.



$$\alpha(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{2 \cdot m(\text{KMnO}_4)} = \frac{32}{2 \cdot 158} = 10 \text{ (\%)}$$

3) KNO_3 – нитрат калия.



$$\alpha(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{2 \cdot m(\text{KNO}_3)} = \frac{32}{2 \cdot 101} = 15,6 \text{ (\%)}$$

Пример 4.

Напишите уравнения реакций, при помощи которых, используя простые вещества – кальций, фосфор и кислород, можно получить фосфат кальция.

Решение:

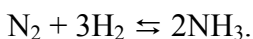
- 1) $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$.
- 2) $2\text{Ca} + \text{O}_2 = 2\text{CaO}$.
- 3) $3\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Пример 5.

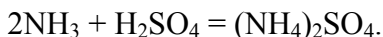
Если через смесь азота с водородом пропустить искровой разряд, то образуется лишь немного аммиака. Но если при этом газовая смесь находится над серной кислотой, то синтез идет до конца. Укажите, что является причиной такого изменения в ходе процесса.

Решение:

Уравнение реакции взаимодействия водорода и азота:



Если газовая смесь находится над серной кислотой, то образующийся аммиак взаимодействует с серной кислотой с образованием сульфата аммония:



Аммиак покидает сферу реакции и согласно принципу Ле Шателье равновесие смещается в сторону продуктов реакции.

Пример 6.

При окислении фосфора 60 %-ным раствором азотной кислоты (плотность 1,37 г/мл) получены оксид азота (II) и ортофосфорная кислота, на нейтрализацию которой потребовалось 25 мл 25 %-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,28 г/мл), причем образовался дигидрофосфат натрия. Рассчитайте объем азотной кислоты, взятой для окисления фосфора, и объем выделившегося газа (при н. у.).

Дано:

$$\omega(\text{HNO}_3) = 60 \%$$

$$\rho(\text{р-ра HNO}_3) = 1,37 \text{ г/мл}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 25 \%$$

$$\rho(\text{р-ра NaOH}) = 1,28 \text{ г/мл}$$

$$V(\text{р-ра NaOH}) = 25 \text{ мл}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль}$$

Найти:

V (р-ра HNO_3)

V (газа)

Решение:

Запишем уравнение реакции взаимодействия фосфора с азотной кислотой, при этом учтем, что по условию задачи образуется ортофосфорная кислота и оксид азота (II):



Запишем уравнение реакции нейтрализации фосфорной кислоты гидроксидом натрия с образованием дигидрофосфата натрия:



Для определения объема азотной кислоты, взятой для окисления фосфора, и объема выделившегося газа необходимо знать количество образовавшейся ортофосфорной кислоты. Определить это количество можно, зная количество вещества (в моль) гидроксида натрия, необходимого для реакции (2). По условию задачи даны объем раствора гидроксида натрия, пошедшего на реакцию, его плотность и массовая доля NaOH в растворе. Найдем количество вещества NaOH , исходя из этих данных.

Масса раствора связана с его объемом и плотностью соотношением:

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho.$$

$$m(\text{р-ра}) = 25 \cdot 1,28 = 32 \text{ (г)}.$$

Массу вещества найдем из определения массовой доли растворенного вещества:

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

$$m(\text{NaOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100} = \frac{25 \cdot 32}{100} = 8 \text{ (г)};$$

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

Количество вещества NaOH равно 0,2 моль, тогда по уравнению реакции (2) количество ортофосфорной кислоты также равно 0,2 моль (по уравнению реакции соотношение $n(\text{H}_3\text{PO}_4) : n(\text{NaOH}) = 1 : 1$).

Для расчета объема азотной кислоты необходимо знать её количество. По уравнению реакции (1) для образования 3 моль ортофосфорной кислоты необходимо 5 моль азотной кислоты, то есть соотношение $n(\text{H}_3\text{PO}_4) : n(\text{HNO}_3) = 3 : 5$. По условию задачи образовалось 0,2 моль ортофосфорной кислоты, следовательно, азотной кислоты прореагировало $1/3$ моль ($n(\text{HNO}_3) = 3/5 \cdot n(\text{H}_3\text{PO}_4)$).

Определим массу азотной кислоты:

$$m(\text{в-ва}) = n \cdot M = 1/3 \cdot 63 = 21 \text{ (г)}.$$

Вычислим массу раствора азотной кислоты, зная массовую долю HNO_3 в растворе:

$$m(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{HNO}_3) \cdot 100}{\omega} = \frac{21 \cdot 100}{60} = 35 \text{ (г)}.$$

Определим объем раствора 60 %-ной азотной кислоты необходимый для взаимодействия:

$$V = \frac{m(p-pa)}{\rho} = \frac{35}{1,37} = 25,5 \text{ (мл)}.$$

Найдем объем выделившегося газа – оксида азота (II). По уравнению реакции (1) при образовании 3 моль ортофосфорной кислоты выделяется 5 моль оксида азота (II), то есть соотношение $n(\text{H}_3\text{PO}_4) : n(\text{NO}) = 3 : 5$. По условию задачи образовалось 0,2 моль ортофосфорной кислоты, значит, оксида азота (II) образовалось $1/3$ моль ($n(\text{NO}) = 3/5 \cdot n(\text{H}_3\text{PO}_4)$). Тогда:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{V}{22,4}.$$

Зная количество вещества оксида азота (II), равное $1/3$ моль, найдем его объем при нормальных условиях:

$$V = n \cdot 22,4 = 7,47 \text{ (л)}.$$

Ответ: $V(p\text{-ра HNO}_3) = 25,5 \text{ мл}; V(\text{NO}) = 7,47 \text{ л}.$

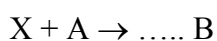
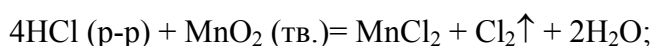
Пример 7.

Концентрированный водный раствор вещества X реагирует с двумя разными твердыми веществами А и Б и образует при этом два газообразных вещества В и Г, которые при взаимодействии между собой образуют исходное вещество X. Определите, что могут представлять собой названные вещества. Напишите уравнения соответствующих реакций.

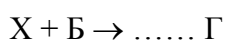
Решение:

Взаимодействие газов В и Г может быть окислительно-восстановительным процессом или реакцией, протекающей без изменения степеней окисления.

В первом случае твердые вещества А и Б должны быть окислителем и восстановителем, тогда X должно быть образовано элементами, входящими в состав газов, которые получаются при окислении и восстановлении X. Веществом X может быть хлороводород. Концентрированный водный раствор X – соляная кислота – проявляет восстановительные свойства за счет аниона хлора и окислительные за счет катиона водорода, вещество А – окислитель, например, оксид марганца, Б – восстановитель, например, цинк.

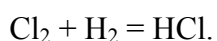


В – газ хлор.

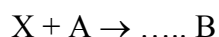
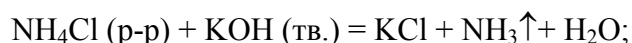


Г – газ водород.

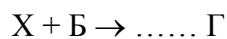
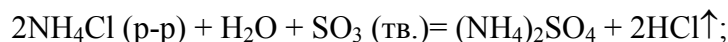
В (Cl_2) и Г (H_2) реагируют с образованием X (HCl):



Если процесс протекает без изменения степеней окислений, то возможно несколько вариантов решения, например:



B – аммиак.



Г – газ хлороводород.

B (NH₃) и Г (HCl) реагируют с образованием X (NH₄Cl):

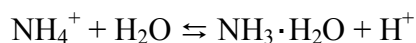
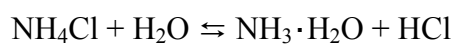


Пример 8.

При кипячении водный раствор, содержащий соль NH₄Cl, становится более кислым. Объясните наблюдаемое явление, напишите уравнения реакции.

Решение:

Хлорид аммония в водном растворе гидролизует по катиону:



В растворе среда кислая. Гидролиз – процесс, протекающий с поглощением тепла, поэтому, согласно принципу Ле Шателье, при нагревании равновесие смещается в сторону уменьшения температуры, то есть продуктов гидролиза, количество ионов водорода возрастает и среда становится более кислой.

Пример 9.

Имеется 2 л смеси оксида серы (IV) и кислорода. В результате реакции между ними образовалось 0,17 г оксида серы (VI). Определите объемный состав исходной смеси, учитывая, что оксид серы (IV) вступил в реакцию полностью. Укажите условия, необходимые для протекания реакции.

Дано:

$$V \text{ (смеси)} = 2 \text{ л}$$

$$m \text{ (SO}_3\text{)} = 0,17 \text{ г}$$

$$M \text{ (SO}_3\text{)} = 80 \text{ г/моль}$$

Найти:

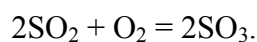
$$\varphi \text{ (SO}_2\text{)}$$

$$\varphi \text{ (SO}_3\text{)}$$

Решение:

Для определения объемной доли оксида серы (IV) и кислорода в исходной смеси вычислим количество оксида серы (IV), вступившее в реакцию окисления.

Запишем уравнение реакции:



По уравнению реакции соотношение $n(\text{SO}_2) : n(\text{SO}_3)$ равно 1 : 1. Определим количество образовавшегося оксида серы (VI):

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,17}{80} = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)}.$$

Тогда количество вещества оксида серы (IV) равно $2,13 \cdot 10^{-3}$ моль.

Объемная доля по определению равно:

$$\varphi = \frac{V(\text{в - ва})}{V(\text{смеси})} \cdot 100 \text{ \%}.$$

Объем смеси по условию равен 2 л. Вычислим объемы газов в смеси:

$$V(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_2) \cdot V_m = 2,13 \cdot 10^{-3} \cdot 22,4 = 0,048 \text{ (л)}.$$

$$V(\text{O}_2) = V(\text{смеси}) - V(\text{SO}_2) = 2 - 0,048 = 1,952 \text{ (л)}.$$

Тогда:

$$\varphi = \frac{V(\text{SO}_2)}{V(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{0,048}{2} \cdot 100 = 2,4 \text{ (\%)};$$

$$\varphi = \frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{1,952}{2} \cdot 100 = 97,6 \text{ (\%)}.$$

Реакция окисления оксида серы (IV) кислородом воздуха до оксида серы (VI) протекает при повышенной температуре (600–800 °С) в присутствии катализатора Fe_2O_3 .

Ответ: $\varphi(\text{SO}_2) = 2,4 \text{ \%}$; $\varphi(\text{O}_2) = 97,6 \text{ \%}$.

Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1

1. Укажите, в каком виде встречается сера в природе, какие изменения происходят с серой при нагревании, как изменяется состав молекул серы при переходе из твердого состояния в жидкое и парообразное.

2. Укажите промышленные способы получения азотной кислоты. Напишите уравнения реакций получения HNO_3 .

3. К 101 мл 20 %-ного раствора хлорида аммония (плотность 1,06 г/мл) прибавили 125 мл 18 %-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,2 г/мл) и полученный раствор прокипятили. Вычислите массовые доли (%) веществ, содержащихся в растворе, если потерями воды можно пренебречь.

4. В склянках без надписей находятся растворы соляной и серной кислот, вода, а также сухие соли – карбонат серебра, нитрат и иодид бария, карбонат и бромид кальция.

Не прибегая к действию других химических реактивов, кроме упомянутых, или продуктов их взаимодействия, определите эти соединения. Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите признаки, по которым вы проводили определение веществ.

5. Напишите уравнения реакций, при помощи которых, исходя из четырех простых веществ – калия, серы, кислорода и водорода, можно получить три средние соли, три кислоты и три кислые соли.

6. При взаимодействии угля с углекислым газом наблюдается обратимая реакция: $C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO - Q$. Объясните, при каких условиях образование угарного газа минимальное.

7. Аммиак объемом 100 м^3 (н. у.) пропустили через реактор, заполненный 500 кг 50% -ного раствора ортофосфорной кислоты. Определите состав (в процентах по массе) полученной смеси солей.

8. Два простых вещества при сгорании дают газообразные продукты. Один газ имеет сильный резкий запах, второй – не пахнет. При растворении их в воде получают жидкости, окрашивающие лакмус в красный цвет. При пропускании газов через раствор гидроксида кальция образуются белые осадки, растворяющиеся при добавлении избытка газа. Если смешать каждый из этих газов с оксидом азота (IV), то в случае одного из газов возникает белый дым, в случае другого видимых изменений не обнаружено. Определите, какие вещества были сожжены.

9. Верно ли, что гидролиз – это реакция, обратная нейтрализации? Дайте обоснованный ответ.

10. Через колонну синтеза аммиака пропущено 100 кг газовой смеси, массовая доля водорода в которой составляет 15% . Вычислите состав газовой смеси (в процентах) после выхода из колонны, если реакция прошла на 80% .

Вариант 2

1. Укажите, в каком виде встречается фосфор в природе, назовите аллотропные модификации фосфора.

2. Укажите, какие химические процессы лежат в основе башенного и контактного способов получения серной кислоты. Напишите уравнения реакций получения H_2SO_4 .

3. Газ, полученный при взаимодействии $9,52 \text{ г}$ меди с 50 мл 81% -ного раствора азотной кислоты (плотность $1,45 \text{ г/мл}$), пропустили через 150 мл 20% -ного раствора гидроксида натрия (плотность $1,22 \text{ г/мл}$). Определите массовые доли (%) растворенных веществ.

4. В трех пробирках находятся растворы нитрата серебра, иодида калия и хлорида кальция. С помощью каких реакций можно определить содержимое каждой пробирки?

5. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно получить шесть средних солей, используя сульфид железа (II), кислород, раствор гидроксида натрия и разбавленные растворы соляной и серной кислот.

6. Изменится ли давление в замкнутой системе, если при нормальных условиях смешать равные объемы хлора и водорода и облучить смесь ультрафиолетовыми лучами? Ответ поясните.

7. Определите молярную концентрацию азотной кислоты, полученной смешиванием 40 мл 96% -ного раствора HNO_3 (плотность $1,5 \text{ г/мл}$) и 30 мл 48% -ного раствора HNO_3 (плотность $1,3 \text{ г/мл}$), если полученный раствор имеет плотность $1,45 \text{ г/мл}$.

8. В вашем распоряжении имеются бертолетова соль, серная кислота, бромид калия, аммиак, диоксид марганца. Пользуясь этими веществами, получите соляную кислоту, хлор, нашатырь, свободный азот, бром (при необходимости можно использовать

воду и кислород воздуха). Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия, при которых они происходят.

9. Объясните, будут ли подвергаться гидролизу соли, формулы которых K_3PO_4 , $CrCl_3$, $FeCO_3$, KNO_3 . Укажите соль, которая не подвергается гидролизу, дайте пояснения. Для других солей напишите уравнения реакций гидролиза по стадиям и укажите, будет ли данный раствор кислым или щелочным.

10. Фосфористый водород, полученный гидролизом 145,6 г фосфида кальция, сожгли. Образовавшийся оксид фосфора (V) растворили в 200 мл 25 %-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,28 г/мл). Определите, какого состава образуется соль и какова ее массовая доля (%) в растворе. Напишите уравнения протекающих реакций.

Вариант 3

1. Укажите, в каком виде встречается кислород в природе, назовите аллотропные модификации кислорода.

2. Дайте характеристику основных физических и химических свойств аммиака. При какой температуре аммиак может быть получен в жидком состоянии? Чем можно объяснить различную электропроводность жидкого аммиака и раствора металлического натрия в жидком аммиаке? Укажите области применения аммиака в современной технике.

3. При растворении в 50 мл 25 %-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,28 г/мл) всего оксида серы (IV), образовавшегося при сжигании 8,96 л сероводорода, получают раствор соли. Определите, какая соль образуется и какова ее массовая доля (%) в растворе.

4. В четырех пронумерованных банках без этикеток находятся следующие вещества: нитрит, сульфит, карбонат натрия и хлорид бария. Определите, в какой из банок находится каждое вещество, если известно, что вещества № 1, 2, 3 реагируют с соляной кислотой с выделением газов. Газы, образующиеся из веществ № 1 и 2, могут реагировать между собой, а растворы веществ № 2 и 3 реагируют с раствором № 4 с образованием осадков.

5. Укажите, с какими из перечисленных ниже веществ может взаимодействовать раствор гидроксида калия: йодоводородная кислота, хлорид меди (II), хлорид бария, оксид углерода (IV), оксид свинца (II). Напишите уравнения реакций в молекулярной, ионной и сокращенной ионной формах.

6. Объясните, как будет влиять увеличение температуры на состояние равновесия в следующих реакциях: а) $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr + Q$; б) $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI - Q$.

7. Упарили вдвое (по объему) 4 л 10 %-ного раствора хлорида натрия (плотность 1,07 г/мл). Определите молярную концентрацию нового раствора.

8. Как, имея в своем распоряжении только S, $Cu(NO_3)_2$ и H_2O , получить H_2SO_4 ? Приведите уравнения реакций.

9. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций и объясните механизм их протекания: а) $Fe_2(SO_4)_3 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow$; б) $AlCl_3 + (NH_4)_2S + H_2O \rightarrow$.

10. Фосфор, количественно выделенный из 31 г фосфата кальция $Ca_3(PO_4)_2$, окислен в атмосфере кислорода, полученный препарат растворен в 200 мл 1,5 моль/л раствора гидроксида калия. Определите, какие вещества и в каком количестве содержатся в образовавшемся растворе. Напишите уравнения протекающих реакций.

Вариант 4

1. Укажите, какие степени окисления проявляет азот в своих соединениях (какая степень окисления максимальна), приведите примеры соединений.

2. Назовите ряд способов (не менее 8) получения кислорода, которые могут быть использованы в лабораторных условиях. Почему все они не имеют промышленного значения?

3. Вычислите, какую массу оксида серы (VI) надо растворить в 100 г 91 %-ного раствора серной кислоты для того, чтобы получить 30 %-ный олеум.

4. Можно ли, используя один химический реактив (только один!), различить водные растворы сульфатов серебра, калия, магния, кальция, алюминия и аммония? Поясните, как это сделать. Если это невозможно, укажите набор необходимых реактивов и опишите ход анализа. Приведите уравнения соответствующих реакций.

5. Напишите уравнения не менее четырех реакций, при помощи которых можно получить сульфид калия. Уравнения запишите в молекулярной, ионной и сокращенной ионной формах.

6. Объясните, как будет влиять увеличение давления на состояние равновесия в следующих реакциях: а) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$; б) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$.

7. Вычислите, сколько граммов оксида серы (VI) надо растворить в 100 г 96,4 %-ного раствора серной кислоты для получения 20 %-ного раствора оксида серы (VI) в 100 %-ном растворе серной кислоты (т.е. 20 %-ного олеума).

8. 12,4 г простого вещества А красного цвета сожгли в избытке воздуха. В результате образовался белый порошок В, который растворили в 471,6 мл горячей воды, получив раствор С. Если раствор С нейтрализовать содой, а затем добавить избыток нитрата серебра, то выпадет ярко-желтый осадок. Назовите вещества А, В и С. Рассчитайте, сколько граммов порошка В образовалось.

9. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций и объясните механизм их протекания: а) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3 + \dots$

10. Вычислите, какое количество фосфорита, содержащего 25 % посторонних примесей, необходимо переработать для получения 500 т двойного суперфосфата, считая выход продукта равным 98 %.

ЗАДАНИЕ 3

Задание является завершающим, поэтому включает материал практически по всем темам, изучаемым в 9 классе.

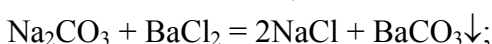
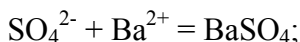
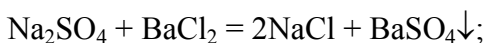
Примеры решения задач

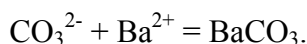
Пример 1.

В четырех пробирках без надписей находятся растворы следующих веществ: сульфата натрия, карбоната натрия, нитрата натрия и йодида натрия. Покажите, с помощью каких реагентов можно определить, где какая соль находится. Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах.

Решение:

1. К растворам прильем раствор хлорида бария. В пробирках, содержащих сульфат натрия и карбонат натрия, выпадают белые осадки:



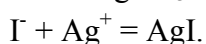
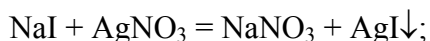


2. К полученным осадкам приливаем раствор соляной кислоты. Карбонат бария растворяется с образованием газообразного оксида углерода (IV), а сульфат бария не растворяется:



Таким образом, определили сульфат натрия и карбонат натрия.

3. К оставшимся растворам нитрата натрия и йодида натрия прильем раствор нитрата серебра. В пробирке, содержащей йодид натрия, выпадает желтый творожистый осадок:



В пробирке, содержащей нитрат натрия, ничего не происходит.

Определили йодид натрия и нитрат натрия.

Пример 2.

Укажите, с помощью каких реакций можно синтезировать нитрат аммония из простых веществ. Каким образом из него получаются свободные кислород, водород, азот? Напишите уравнения соответствующих реакций.

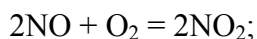
Решение:

1. Прямой синтез нитрата аммония NH_4NO_3 из простых веществ, конечно, невозможен.

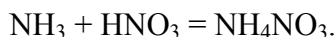
Из простых веществ получим аммиак NH_3 :

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ (катализатор – губчатое железо, с добавками Al_2O_3 , K_2O , CaO , MgO , SiO_2 и др.; температура – 450–500 °С; давление – от 10 до 300 атм.).

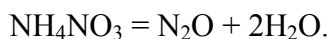
Из аммиака получим азотную кислоту:



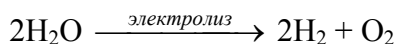
Аммиак реагирует с азотной кислотой с образованием нитрата аммония:



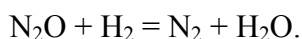
2. Получить кислород, водород и азот термическим разложением нитрата аммония невозможно, нитрат аммония разлагается на оксид азота (I) и воду:



Собираем газ и конденсируем воду, затем проводим электролиз воды, в результате образуются водород и кислород:



Оксид азота (I) можно разложить на азот и кислород, но их трудно разделить, поэтому подвергнем его взаимодействию с водородом:



Получили азот.

Пример 3.

Имеется раствор, содержащий одновременно серную и азотную кислоты. Определите массовую долю (%) каждой из кислот в растворе, если при нейтрализации 10 г этого раствора расходуется 12,5 мл 19 %-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,19 г/мл), а при добавлении к 10 г такого же раствора избытка хлорида бария образуется 2,33 г осадка.

Дано:

$$m(\text{р-ра}) = 10 \text{ г}$$

$$V(\text{р-ра KOH}) = 12,5 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{KOH}) = 19 \%$$

$$\rho = 1,19 \text{ г/мл}$$

$$m(\text{осадка}) = 2,33 \text{ г}$$

$$M(\text{BaSO}_4) = 233 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}$$

Найти:

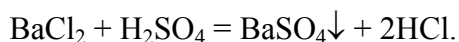
$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\omega(\text{HNO}_3)$$

Решение:

С раствором гидроксида калия реагирует серная и азотная кислота, а с раствором хлорида бария – только серная кислота, поэтому сначала определим массу серной кислоты, содержащейся в растворе.

Запишем уравнение реакции взаимодействия серной кислоты и хлорида бария:



По условию задачи масса образующегося сульфата бария равна 2,33 г. Определим количество вещества сульфата бария:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2,33}{233} = 0,01 \text{ (моль)}.$$

Следовательно, серной кислоты в растворе содержится также 0,01 моль (соотношение $n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{BaSO}_4)$ равно 1 : 1). Вычислим массу серной кислоты:

$$m = n \cdot M = 0,01 \cdot 98 = 0,98 \text{ (г)}.$$

Вычислим массу азотной кислоты, содержащейся в растворе. Запишем уравнения реакций взаимодействия азотной и серной кислот с гидроксидом калия:



Определим количество вещества гидроксида калия, вступившего в реакции. Масса раствора гидроксида калия равна:

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 12,5 \cdot 1,19 = 14,88 \text{ (г)},$$

тогда масса вещества равна:

$$m(\text{KOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100} = \frac{19 \cdot 14,88}{100} = 2,83 \text{ (г)}.$$

Вычислим количество вещества гидроксида калия:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2,83}{56} = 0,05 \text{ (моль)}.$$

На реакцию взаимодействия гидроксида калия с серной кислотой (2) в количестве 0,01 моль расходуется 0,02 моль KOH (соотношение $n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{KOH})$ равно 1 : 2). Тогда на реакцию с азотной кислотой (1) останется 0,03 моль (0,05 – 0,02) KOH. Следовательно, азотной кислоты в растворе содержится 0,03 моль (соотношение $n(\text{HNO}_3) : n(\text{KOH})$ равно 1 : 1). Определим массу азотной кислоты:

$$m = n \cdot M = 0,03 \cdot 63 = 1,89 \text{ (г)}.$$

Таким образом, исходный раствор содержит: 0,98 г H_2SO_3 ; 1,89 г HNO_3 , масса раствора равна 10 г. Определим массовые доли кислот в растворе:

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m(\text{р - ра})} \cdot 100 = \frac{1,89}{10} \cdot 100 = 18,9 \text{ (\%)};$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{р - ра})} \cdot 100 = \frac{0,98}{10} \cdot 100 = 9,8 \text{ (\%)}.$$

Ответ: $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9,8 \text{ \%}$; $\omega(\text{HNO}_3) = 18,9 \text{ \%}$.

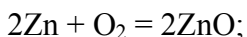
Пример 4.

Укажите, какой состав имеют цинковые белила, напишите уравнения реакций их получения.

Решение:

Цинковые белила – оксид цинка ZnO.

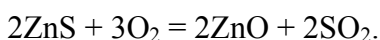
Получается при горении металлического цинка:



при термическом разложении солей:



в промышленности – при переработке цинковых сульфидных руд:



Пример 5.

Вычислите, какую массу (в кг) кальциевой селитры, используемой в качестве удобрения, можно получить из 148 кг гашеной извести, содержащей 8 % посторонних примесей.

Дано:

$$m \text{ (гаш. извести)} = 148 \text{ кг}$$

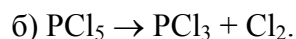
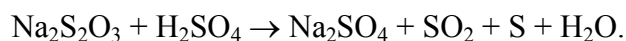
$$\omega \text{ (примесей)} = 8 \text{ \%}$$

$$M(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 74 \text{ г/моль}$$

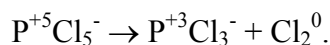
$$M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 164 \text{ г/моль}$$

Найти:

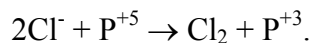
$$m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2)$$



Расставим степени окисления всех элементов:



Фосфор в степени окисления +5 является окислителем, изменяя степень окисления до +3, хлор в степени окисления -1 является восстановителем, изменяя степень окисления до 0. Покажем переход электронов:

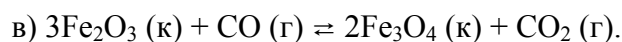
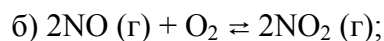
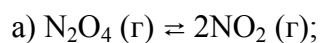


Расставим полученные коэффициенты:



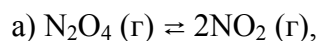
Пример 7.

Укажите, как повлияет уменьшение давления на равновесие в реакциях:

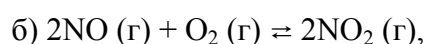


Решение:

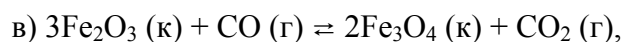
Согласно принципу Ле Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, оказать внешнее воздействие, то в результате протекающих в ней процессов положение равновесия смещается в сторону, ослабляющее это воздействие, при уменьшении давления равновесие в обратимом процессе смещается в сторону увеличения давления.



процесс протекает с увеличением объема ($1 < 2$), т.е. увеличением давления, поэтому равновесие смещается в сторону продуктов реакции.



процесс протекает с уменьшением объема ($3 > 2$), т.е. увеличением давления, поэтому равновесие смещается в исходных веществ.



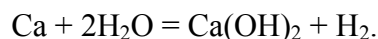
процесс протекает без изменения объема, уменьшение давления не оказывает влияния на состояние равновесия.

Пример 8.

Объясните, почему нельзя тушить воспламенившийся металлический кальций водой. Напишите уравнения реакций.

Решение:

Металлический кальций реагирует с водой, поэтому добавление воды к горящему кальцию только усилит процесс. Запишем уравнение реакции взаимодействия кальция с водой:



Пример 9.

Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме, при помощи которых можно осуществить следующие превращения: $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$.

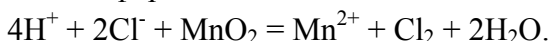
Решение:

1. Взаимодействие оксида марганца (IV) с концентрированной соляной кислотой:

молекулярная форма:



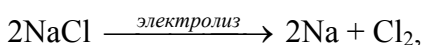
ионная форма



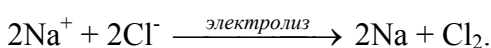
Электролиз расплава хлорида натрия:

молекулярная форма:

молекулярная форма:

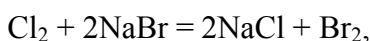


ионная форма

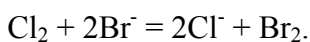


2. Взаимодействие хлора с раствором бромида натрия:

молекулярная форма:

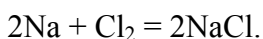


ионная форма:

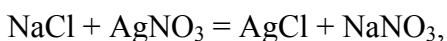


Взаимодействие металлического натрия и газообразного хлора:

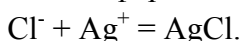
молекулярная форма:



3. Взаимодействие раствора хлорида натрия с раствором нитрата серебра:

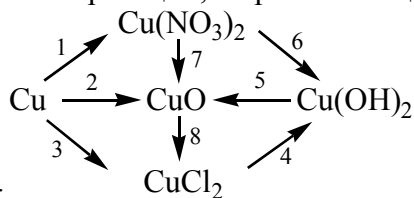


ионная форма:



Пример 10.

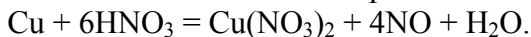
Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить



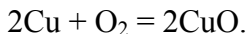
следующие превращения:

Решение:

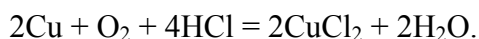
1. Взаимодействие меди с разбавленной азотной кислотой:



2. Окисление меди кислородом:



3. Взаимодействие меди с концентрированной соляной кислотой в присутствии кислорода:



4. Взаимодействие раствора хлорида меди (II) с раствором гидроксида натрия:
 $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + 2\text{NaCl}.$

5. Термическое разложение гидроксида меди (II):
 $\text{Cu(OH)}_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}.$

6. Взаимодействие нитрата меди (II) с раствором гидроксида натрия:
 $\text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + 2\text{NaNO}_3.$

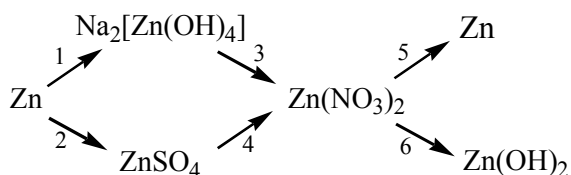
7. Термическое разложение нитрата меди (II):
 $2\text{Cu(NO}_3)_2 = 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2.$

8. Взаимодействие оксида меди (II) с соляной кислотой:
 $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}.$

Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1

1. Напишите уравнения реакций, показывающие свойства гидроксида алюминия.
2. Покажите, как при помощи одного реагента определить, в какой из склянок находятся сухие соли: хлорид натрия, карбонат натрия, сульфид натрия. Напишите уравнения соответствующих реакций.
3. Получите основной карбонат меди из металлической меди, используя возможно меньшее число реактивов. Запишите уравнения соответствующих реакций.
4. Для нейтрализации 10,0 г раствора, содержащего смесь хлороводородной и бромоводородной кислот, потребовалось 2,5 г 3,2 %-ного раствора NaOH, а при действии на раствор той же массы раствором нитрата серебра выпало 0,3315 г осадка. Определите массовые доли (%) кислот в исходном растворе.
5. Напишите уравнения взаимодействия гидроксида железа (III) с концентрированной соляной и разбавленными серной и азотной кислотами.
6. Вычислите, какое количество технического цинка, содержащего 96 % цинка и 27,5 %-ного раствора HCl должно быть израсходовано для получения 1 т 45 %-ного раствора хлорида цинка.
7. Укажите, какой элемент окисляется и какой восстанавливается в следующих реакциях: а) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$; б) $\text{KI} + \text{Cu(NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuI} + \text{I}_2 + \text{KNO}_3$. Расставьте коэффициенты, укажите переход электронов.
8. В одном колхозе под коноплю было внесено на каждый гектар: фосфорных удобрений – 60 кг (в пересчете на P_2O_5), калийных удобрений – 150 кг (в пересчете на K_2O) и медного купороса – 10 кг. Считая, для простоты, что последний не содержит примесей, укажите, сколько молей каждого из остальных оксидов приходится на 1 моль оксида меди (II).
9. Укажите, как надо изменить температуру и давление (увеличить или уменьшить), чтобы равновесие в реакции разложения карбоната кальция: $\text{CaCO}_3 (\text{к}) \rightleftharpoons \text{CaO} (\text{к}) + \text{CO}_2 (\text{г}) - 178 \text{ кДж}$ сместить в сторону продуктов разложения.
10. Объясните, почему растворы гидроксидов натрия и калия разрушают стеклянную посуду, особенно при длительном кипячении. Напишите уравнения реакций.
11. Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах, при помощи которых можно осуществить следующие превращения: $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaSO}_4$.
12. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



Вариант 2

1. Напишите уравнения взаимодействия разбавленной и концентрированной серной кислоты: а) с медью; б) с цинком; в) со свинцом.

2. Покажите, с помощью каких реакций можно различить растворы серной, азотной и соляной кислот. Напишите уравнения соответствующих реакций.

3. Вам выданы вещества: нитрат кальция, серная кислота, едкий натр, карбонат калия. Как, пользуясь только этими реактивами, получить нитрат натрия двумя способами? Запишите уравнения соответствующих реакций.

4. Сера и алюминий, содержащиеся в смеси, взаимодействовали между собой. Продукт реакции обработали горячей водой. Часть выделившегося газа пропустили через хлорную воду, отделили выпавший осадок, а к раствору добавили избыток нитрата серебра. Образовалось 8,61 г белого творожистого осадка. Другую часть газа пропустили через 145 мл 10 %-ного раствора сульфата меди (плотность 1,1 г/мл), в результате чего концентрация сульфата меди в растворе стала равной 6,09 %. Рассчитайте массу серы, вступившей в реакцию. Напишите уравнения всех реакций.

5. Укажите, какие известны «известки». Напишите их химический состав и уравнения получения.

6. Вычислите, сколько грамм хрома можно получить при взаимодействии оксида хрома (III) с кремнием, масса которого 10 г. Выход продукта 90 %.

7. Определите степени окисления каждого элемента и расставьте коэффициенты в следующих схемах: а) $\text{Fe} + \text{FeI}_3 \rightarrow \text{FeI}_2$; б) $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HI}$.

8. В одном колхозе внесли под яровую пшеницу удобрения из расчета: аммиачной селитры – 150 кг, суперфосфата (содержащего 30 % усвояемого P_2O_5) – 300 кг и хлорида калия – 100 кг на гектар. Вычислите, сколько это составляет в пересчете на азот, дигидрофосфат кальция и оксид калия.

9. Укажите, как повлияет увеличение давления на равновесие в системах: а) $\text{SO}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г})$; б) $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Br}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{г})$.

10. Покажите, как химическим путем удалить с алюминиевого изделия продукты коррозии (оксид и гидроксид алюминия), не причиняя ущерба металлу. Напишите уравнения реакций.

11. Покажите, какие из смесей: а) оксида и гидроксида металла; б) металла и оксида металла – дают при взаимодействии с водой раствор только одного вещества. Приведите примеры, напишите уравнения реакций.

12. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

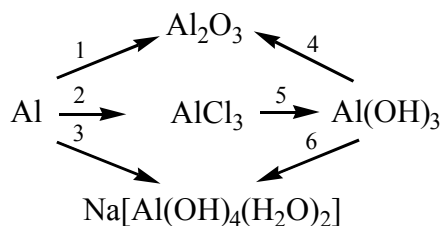


Вариант 3

1. Напишите ионные уравнения реакций обмена, если:

- одно из образующихся веществ мало диссоциирует на ионы, второе нерастворимо;
- одно из образующихся веществ растворимо, второе нет;

- реакция обратима;
 - одно из образующихся веществ растворимо, второе выделяется в виде летучего вещества.
2. В трех пробирках находятся сухие вещества: оксид кальция, оксид алюминия, оксид фосфора. Покажите, с помощью каких реагентов можно различить эти вещества. Напишите уравнения реакций.
 3. Выданы концентрированная соляная кислота, вода, диоксид марганца, медь и цинк в виде тонких проволок. Как, используя эти вещества, получить хлорид цинка и хлорид меди (II) в виде кристаллогидратов? Опишите ход выполнения работы, составьте уравнения химических реакций, укажите условия их протекания.
 4. При сжигании 0,896 л (н. у.) смеси CO и CO₂ в избытке кислорода было израсходовано 0,112 л кислорода, образовавшаяся газовая смесь пропущена через раствор, содержащий 2,96 г гашеной извести. Определите состав исходной газовой смеси (в % по объему), а также состав и массу образовавшегося осадка.
 5. Покажите, как могут быть получены гидроксиды щелочноземельных металлов. Гидроксид какого элемента является наиболее сильной щелочью? Укажите, какие технические названия носят гидроксиды кальция и бария.
 6. При промышленном получении медного купороса медный лом окисляется при нагревании кислородом воздуха и полученный оксид меди (II) растворяется в серной кислоте. Вычислите расход меди и 80 %-ной H₂SO₄ на 1 т CuSO₄ · 5H₂O, если выход продукта 75 %.
 7. Напишите уравнения реакций: а) йодида магния с бромом; б) магния с раствором бромоводородной кислоты. Укажите, какой элемент в каждом случае является окислителем и какой восстановителем, покажите переход электронов.
 8. В одном колхозе внесли под картофель, помимо навоза, следующие массы минеральных удобрений на гектар: гранулированного суперфосфата, содержащего 12,5 % усвояемого P₂O₅ – 0,15 т, аммиачной селитры – 0,1 т и хлорида калия, содержащего 90 % KCl – 0,1 т. Пересчитайте, каким массам гидрофосфата кальция, азота и оксида калия это соответствует.
 9. Реакция протекает по уравнению: 2SO₂ (г) + O₂ (г) ⇌ 2SO₃ (ж) + 284,2 кДж. Изменением каких параметров можно добиться смещения равновесия в сторону образования оксида серы (VI)?
 10. Напишите уравнения всех реакций, которые могут протекать при хранении металлических лития и натрия на воздухе.
 11. Сохранятся ли ионы натрия: а) при взаимодействии гидроксида натрия с соляной кислотой; б) при взаимодействии гидроксида натрия с хлоридом меди (II). Напишите уравнения соответствующих реакций.
 12. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



Вариант 4

1. Объясните, как диссоциируют на ионы водные растворы амфотерных оснований. Приведите примеры таких оснований и покажите диссоциацию их на ионы.

2. Укажите, при помощи какого одного реагента можно распознать растворы трех веществ: хлорида калия, хлорида алюминия и хлорида магния.

3. В лаборатории имеются железо, соляная кислота, едкий натр, карбонат кальция, оксид меди (II). Можно ли получить 12 новых неорганических веществ, если использовать эти реактивы и продукты их взаимодействия в качестве исходных? Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Имеется смесь азота и водорода. Азот получен термическим разложением 12,8 г нитрита аммония, водород – «растворением» 19,5 г цинка в избытке разбавленной серной кислоты. В соответствующих условиях газы прореагировали, а затем их пропустили через 100 мл 32 %-ного раствора серной кислоты (плотность 1,22 г/мл). Определите, какой газ оказался в избытке и какова массовая доля (%) соли в растворе. Считать, что все реакции проходят с выходом 100 %.

5. Укажите, какой состав имеют «сода каустическая», «сода кристаллическая», «сода кальцинированная», «сода питьевая». Запишите уравнения реакций их получения.

6. Вычислите, сколько меди (в г) получится из 500 г халькопирита CuFeS_2 при его взаимодействии с оксидом кремния (IV) в атмосфере кислорода. Выход продукта 75 %.

7. Укажите, какой элемент окисляется и какой восстанавливается в следующих реакциях: а) $\text{MnS} + \text{HNO}_3$ (конц.) $\rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; б) $\text{Al} + \text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{V} + \text{Al}_2\text{O}_3$. Расставьте коэффициенты, укажите переход электронов.

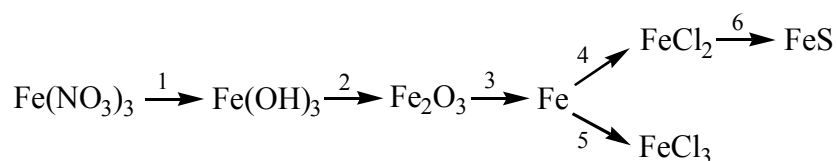
8. Объясните, почему нитрат калия называют безбалластным удобрением. Вычислите содержание в нем питательных элементов.

9. При определенных условиях реакция хлороводорода с кислородом является обратимой: $4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 116,4 \text{ кДж}$. Покажите, какое влияние на равновесное состояние системы окажут: а) увеличение давления; б) повышение температуры; в) введение катализатора.

10. Объясните, на чем основано применение нагретого кальция для очистки аргона от примеси кислорода и азота. Напишите уравнения реакций.

11. Приведите примеры реакций, при которых происходят процессы, выраженные следующими схемами: а) $\text{Al}^0 \rightarrow \text{Al}^{3+}$; б) $\text{Al}^{3+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$.

12. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 10 КЛАССА

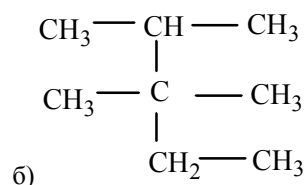
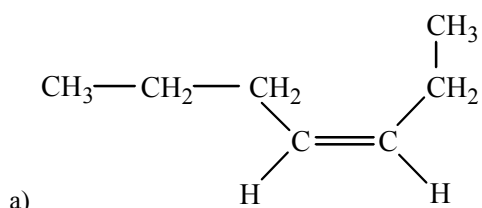
ЗАДАНИЕ 1

Задание включает материал по химии углеводородов предельного и непредельного рядов: строение, изомерия и номенклатура, свойства, получение. Решение расчетных задач предполагает использование основных понятий химии: относительная атомная и молекулярная масса, моль, молярная масса, молярный объем, относительная плотность газа.

Примеры решения задач

Пример 1.

1. Назовите по номенклатуре ИЮПАК каждое из следующих соединений:

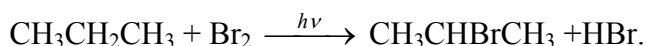


Решение:

- а) 2метил3,3диметилпентан;
б) цис-пропилэтилэтилен (цис-гептен-3)

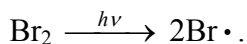
Пример 2.

Охарактеризуйте стадии инициирования, роста и обрыва цепной реакции:

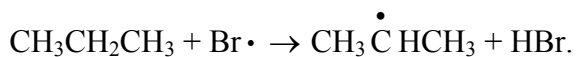


Решение:

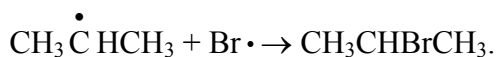
а) инициирование:



б) рост цепи:

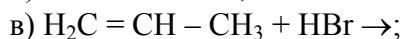
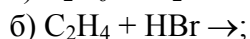


в) обрыв цепи:



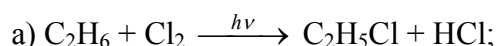
Пример 3.

Закончите уравнения следующих реакций и укажите реакции, протекающие по радикальному механизму:



г) $C_3H_8 + HNO_3$ (разб.) \xrightarrow{t} .
Назовите продукты реакций.

Решение:



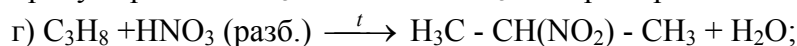
механизм радикальный, продукты реакции: C_2H_5Cl – хлорэтан и HCl – хлороводород.



продукт реакции: C_2H_5Br – бромэтан.



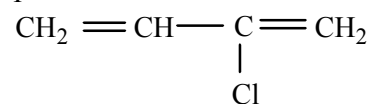
продукт реакции: $H_3C - CHBr - CH_3$ – 2-бромпропан.



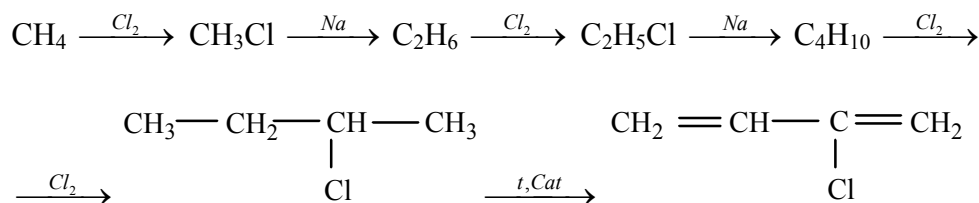
механизм радикальный, продукты реакции: $H_3C - CH(NO_2) - CH_3$ – 2-нитропропан и H_2O – вода.

Пример 4.

Напишите схему химических реакций, позволяющих получить из метана хлоропрен:



Решение:



Пример 5.

При пропускании 2 л смеси пропана и пропилена через жидкий бром масса склянки с бромом увеличилась на 1,1 г. Определите объемный состав смеси и массу получившихся продуктов.

Дано:

V (смеси) = 2 л

Δm (склянки) = 1,1 г

M (Br_2) = 160 г/моль

M ($C_3H_6Br_2$) = 202 г/моль

Найти:

V (пропана в смеси)

V (пропилена в смеси)

m (продуктов)

Решение:

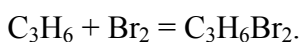
Найдем количество вещества в смеси, пользуясь следствием из закона Авогадро:

1 моль – 22,4 л

n моль – 2 л

m (смеси) = 0,0892 моль.

С бромом при н. у. взаимодействует только пропилен. Составим уравнение реакции:



Пусть в реакцию вступает x г брома, тогда масса образовавшегося дибромпропана равна $(1,1 + x)$. Тогда количество вещества бром равно $\frac{x}{160}$, а количество вещества

дибромпропан равно $\frac{(x+1,1)}{202}$. Согласно уравнению реакции 1 моль брома дает 1 моль дибромпропана, следовательно:

$$\frac{x}{160} = \frac{(x+1,1)}{202}.$$

Решим полученную пропорцию:

$202x = 160x + 176$, отсюда $x = 4,2$ г. Тогда количество вещества бром равно:

$$n(\text{Br}_2) = \frac{m}{M} = \frac{4,2}{160} = 0,026 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции $n(\text{Br}_2) = n(\text{C}_3\text{H}_6\text{Br}_2) = n(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,026$ моль.

Отсюда:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6\text{Br}_2) = 202 \cdot 0,026 = 5,30 \text{ (г)}.$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = 42 \cdot 0,026 = 1,09 \text{ (г)}.$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = n(\text{смеси}) - n(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,0892 - 0,026 = 0,0632 \text{ (моль)}.$$

$$\text{Отсюда } m(\text{C}_3\text{H}_8) = 44 \cdot 0,0632 = 2,78 \text{ (г)}.$$

Найдем объемный состав исходной смеси:

$$V = n \cdot V_m$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,026 \cdot 22,4 = 0,58 \text{ (л)}.$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,0632 \cdot 22,4 = 1,42 \text{ (л)}.$$

$$\text{Ответ: } V(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,58 \text{ л; } V(\text{C}_3\text{H}_8) = 1,42 \text{ л; } m(\text{C}_3\text{H}_6\text{Br}_2) = 5,3 \text{ г}.$$

Пример 2.

Газ, образовавшийся при полном сгорании 745,7 мл смеси пропана и метана (742 мм рт. ст., 22 °С) может быть поглощен 49,02 мл 5,6 %-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,02 г/мл), причем полученный раствор не дает осадка при добавлении к нему раствора хлорида кальция. Определите состав газовой смеси в объемных долях. Рассчитайте объем воздуха (н. у.), который потребуется для полного сжигания указанной газовой смеси.

Дано:

$$V(\text{смеси}) = 745,7 \text{ мл}$$

$$p = 742 \text{ мм рт.ст.}$$

$$t = 22 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (} T = 295 \text{ К)}$$

$$V(\text{р-ра KOH}) = 49,02 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{KOH}) = 5,6 \%$$

$$\rho(\text{p-ра}) = 1,02 \text{ г/мл}$$

Найти:

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_8)$$

$$\varphi(\text{CH}_4)$$

$$V(\text{возд.}) (\text{н.у.})$$

Решение:

Приведем объем смеси к нормальным условиям, пользуясь объединенным газовым законом:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0}; \text{ тогда } V_0 = \frac{p \cdot V \cdot T_0}{p_0} = \frac{742 \cdot 0,7457 \cdot 273}{760} = 0,675 \text{ (л)}.$$

Вычислим количества вещества гидроксида калия, вступившего в реакцию:

$$m(\text{p-ра KOH}) = \rho \cdot V = 1,02 \cdot 49,02 = 50 \text{ (г)}.$$

$$m(\text{KOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{p-ра})}{100} = \frac{5,6 \cdot 50}{100} = 2,8 \text{ (г)};$$

$$n(\text{KOH}) = \frac{m}{M} = \frac{2,8}{56} = 0,05 \text{ (моль)}.$$

При сгорании смеси пропана и метана образуется углекислый газ. Вычислим его объем.

Запишем уравнение реакции взаимодействия углекислого газа с гидроксидом калия:

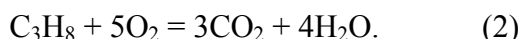
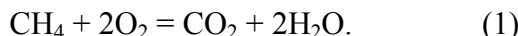


Поскольку полученный раствор не дает осадка при добавлении раствора хлорида кальция, реакция между углекислым газом и гидроксидом калия прошла до конца.

По уравнению реакции $n(\text{KOH}) = n(\text{CO}_2) = 0,05$ моль.

$$\text{Отсюда } V(\text{CO}_2) = n \cdot V_m = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12 \text{ (л)}$$

Запишем уравнения реакции горения смеси.



Составим пропорции, по этим уравнениям обозначив объем метана за x и объем выделившегося углекислого газа при горении метана за y . Тогда объем пропана ($0,675 - x$), а объем выделившегося углекислого газа при горении пропана ($1,12 - y$).

$$\text{По уравнению (1)} \quad \frac{x}{22,4} = \frac{y}{22,4}.$$

$$\text{По уравнению (2)} \quad \frac{0,675 - x}{22,4} = \frac{1,12 - y}{3 \cdot 22,4}.$$

Решим систему из этих двух уравнений:

$$\begin{cases} 22,4x = 22,4y \\ 3 \cdot 22,4(0,675 - x) = 22,4(1,12 - y) \end{cases}$$

$$x = 0,452 \text{ (л)}. \text{ Следовательно, } V(\text{CH}_4) = 0,452 \text{ л}.$$

$$\text{Тогда } V(\text{C}_3\text{H}_8) = V(\text{смеси}) - V(\text{CH}_4) = 0,675 - 0,452 = 0,223 \text{ (л)}.$$

Зная объем смеси и объемы её компонентов, найдем объемные доли метана и пропана.

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{0,452}{0,675} = 0,67;$$

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{0,223}{0,675} = 0,33.$$

Для нахождения объема воздуха, необходимого для полного сжигания смеси, определим количество вещества метана и пропана.

$$n(\text{CH}_4) = \frac{0,452}{22,4} = 0,02 \text{ (моль);}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{0,223}{22,4} = 0,01 \text{ (моль).}$$

По уравнению реакции (1) на 1 моль метана расходуется 2 моля кислорода. Следовательно, количество вещества кислорода составляет $2 \cdot 0,02 = 0,04$ моль.

По уравнению реакции (2) на 1 моль пропана расходуется 5 молей кислорода. Следовательно, количество вещества кислорода составляет $5 \cdot 0,01$ моль = 0,05 моль.

Общий объем кислорода пошедший на горение смеси пропана и метана равен:

$$V(\text{O}_2) = (0,05 \text{ моль} + 0,04 \text{ моль}) \cdot 22,4 = 2,01 \text{ (л)}.$$

Так как в воздухе кислорода находится 21 % (об.), то

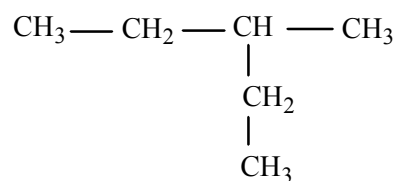
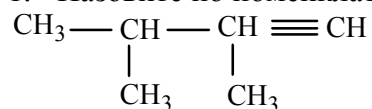
$$V(\text{воздуха}) = \frac{V(\text{O}_2) \cdot 100}{21} = \frac{2,01 \cdot 100}{21} = 9,57 \text{ (л)}.$$

Ответ: $\varphi(\text{CH}_4) = 0,67$; $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,33$; $V(\text{O}_2) = 9,57$ л (н. у.).

Задачи для самостоятельного решения

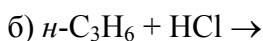
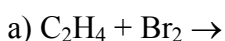
Вариант 1

1. Назовите по номенклатуре ИЮПАК каждое из следующих соединений:



2. Укажите из перечисленных ниже соединений те, которые при полимеризации дадут каучук: этаналь, этилен, бутен-2, дивинил, бензол, изопрен. Запишите структурные формулы всех соединений.

3. Закончите уравнения следующих реакций и укажите, какие из них идут по радикальному механизму, а какие – по ионному:



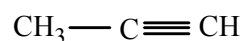
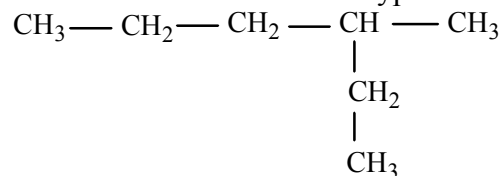
4. Напишите уравнения реакций, показывающих последовательное превращение веществ от известняка, воды и угля до уксусной кислоты.

5. При использовании керогаза в комнате появляется сырость. Определите массу водяных паров и углекислого газа, если в керогазе сгорит 300 г керосина, содержащего: 86 % углерода и 14 % водорода.

6. 5,28 г смеси бутана и 2-бутена обесцветили 32 г 10 %-ного по массе раствора брома. Определите массу бутана, содержащегося в смеси.

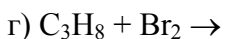
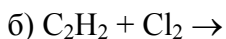
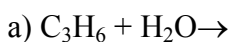
Вариант 2

1. Назовите по номенклатуре ИЮПАК каждое из следующих соединений:



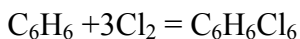
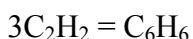
2. Укажите среди перечисленных соединений вещества, которые обесцвечивают бромную воду: этилен, этан, дивинил, метилацетилен, пентан. Запишите структурные формулы всех соединений.

3. Закончите уравнения следующих реакций и укажите, какие из них идут по радикальному механизму, а какие по ионному:



4. Напишите уравнения реакций, показывающие последовательное превращение веществ из метана, брома, натрия в бутен-1.

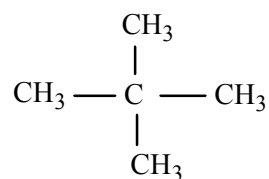
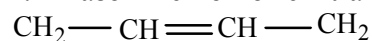
5. Циклохлоргексан $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$ применяется как ядохимикат в борьбе с вредными насекомыми. Определите объем ацетилен, пошедшего на получение 10 кг циклохлоргексана, по следующим реакциям:



6. Определите объем водорода (условия нормальные), выделившегося при каталитическом дегидрировании 2,45 г 2-метилгексана в 2-метилгексен-3, если реакция протекает с выходом 75 % от теоретического.

Вариант 3

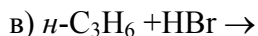
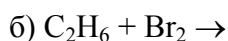
1. Назовите по номенклатуре ИЮПАК каждое из следующих соединений:



2. Укажите отличие реакции хлорирования пропана от реакции хлорирования пропилена. Приведите механизмы реакций.

3. Закончите уравнения следующих реакций и укажите, какие из них идут по радикальному механизму, а какие по ионному:





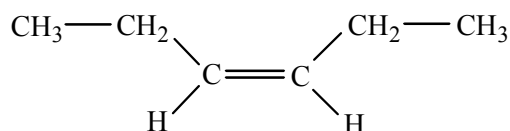
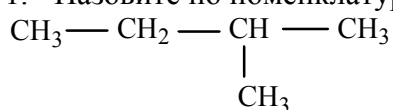
4. Напишите уравнения реакций, показывающие последовательное превращение веществ из ацетиленов в 1,2-дихлорэтан.

5. Определите объем кислорода и воздуха, который пойдет на полное сгорание саратовского природного газа, имеющего состав: $CH_4 - 96,6\%$; $C_2H_6 - 1\%$; $C_3H_8 - 0,5\%$; $N_2 - 3,3\%$.

6. 4 л смеси этана и этилена при нормальных условиях пропустили через раствор брома в воде, при этом получилось 3,76 г продукта реакции. Определите массовую долю этилена в смеси.

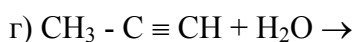
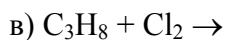
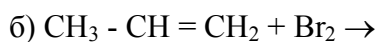
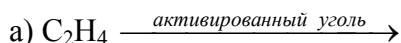
Вариант 4

1. Назовите по номенклатуре ИЮПАК каждое из следующих соединений:



2. Напишите уравнения реакций, показывающих процесс полимеризации двух и трех молекул ацетиленов.

3. Закончите уравнения следующих реакций и укажите, какие из них идут по радикальному механизму, а какие по ионному:



4. Напишите уравнения реакций, показывающие последовательное превращение веществ из углерода в 2-бромпропан.

5. Определите объем кислорода, который потребуется для полного сжигания 13 кг ацетиленов.

6. При сжигании 14 мл газа было получено 42 мл углекислого газа и 33,75 мл воды (плотность воды при нормальных условиях равна $\approx 1 \text{ г/см}^3$). Плотность газа по водороду – 21. Определите его молекулярную формулу.

ЗАДАНИЕ 2

Задание включает материал раздела органической химии «Углеводороды»: строение, изомерия и номенклатура, свойства, получение. Решение расчетных задач предполагает использование основных понятий химии: относительная атомная и молекулярная масса, моль, молярная масса, молярный объем, способы выражения концентраций растворов

Примеры решения задач

Пример 1.

Напишите молекулярные формулы алкана, алкена, алкина и ароматического углеводорода, каждый из которых содержит шесть атомов углерода.

Решение:

алкан: C_6H_{14} – гексан;

алкен: C_6H_{12} – гексен;

алкин: C_6H_{10} – гексин;

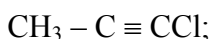
ароматический углеводород: C_6H_6 – бензол.

Пример 2.

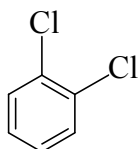
Напишите сокращенную структурную формулу каждого из следующих соединений: хлорпропин; орто-дихлорбензол; 4,4-диметил-1-пентин; 1-трет-бутил-4-метил-бензол.

Решение:

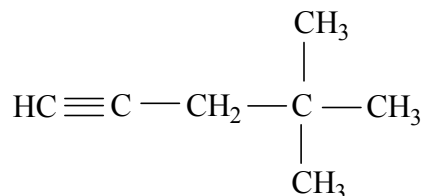
хлорпропин:



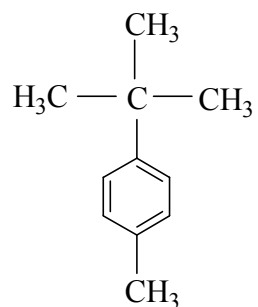
орто-дихлорбензол:



4,4-диметил-пентин-1:



1-трет-бутил-4-метил-бензол:



Пример 3.

Смесь бензола и толуола общей массой 23 г обработали горячим нейтральным раствором перманганата калия. Органический слой и осадок отделили от раствора. Масса осадка оказалась равной 13,05 г. Определите массу органического слоя.

Дано:

$$m \text{ (смеси)} = 23 \text{ г}$$

$$m \text{ (осадка)} = 13,05 \text{ г}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 92 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 122 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{MnO}_2) = 87 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$m(\text{орг. слоя})$$

Решение:

С горячим нейтральным раствором перманганата калия реагирует только толуол. В результате взаимодействия образуется бензойная кислота, оксид марганца (IV) и гидроксид калия. Органический слой составляют образовавшаяся бензойная кислота и не вступивший в реакцию бензол. В осадке – оксид марганца (IV).

Запишем уравнение реакции взаимодействия толуола с раствором перманганата калия:



Вычислим количество вещества оксида марганца (IV), образовавшегося в результате взаимодействия:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{13,05}{87} = 0,15 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции соотношение $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) : n(\text{MnO}_2)$ равно 1 : 2, следовательно, в реакцию вступило 0,075 моль толуола. Вычислим его массу:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = n \cdot M = 0,075 \cdot 92 = 6,9 \text{ (г)}, \text{ тогда бензола в смеси было:}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = m(\text{смеси}) - m(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 23 - 6,9 = 16,1 \text{ (г)}.$$

По уравнению реакции соотношение $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) : n(\text{MnO}_2)$ равно 1 : 2, следовательно, образовалось 0,075 моль бензойной кислоты. Вычислим её массу:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = n \cdot M = 0,075 \cdot 122 = 9,15 \text{ (г)}.$$

Масса органического слоя равна:

$$m(\text{орг. слоя}) = m(\text{C}_6\text{H}_6) + m(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 16,1 + 9,15 = 25,25 \text{ (г)}.$$

$$\text{Ответ: } m(\text{орг. слоя}) = 25,25 \text{ г}.$$

Пример 4.

Через бромную воду массой 120 г пропустили ацетилен объемом 4 л (н. у.) до полного обесцвечивания раствора. Определите массовую долю (%) брома в растворе.

Дано:

$$m(\text{бромной воды}) = 120 \text{ г}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 4 \text{ л}$$

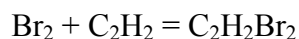
$$M(\text{Br}_2) = 160 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$\omega(\text{Br}_2)$$

Решение:

Запишем уравнение реакции взаимодействия брома с ацетиленом:



Вычислим количество вещества ацетилен, вступившего в реакцию:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{4}{22,4} = 0,178 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции соотношение $n(\text{Br}_2) : n(\text{C}_2\text{H}_2)$ равно 1 : 1, поэтому $n(\text{Br}_2) = 0,178$ моль. Вычислим массу брома:

$$m(\text{Br}_2) = n \cdot M = 0,178 \cdot 160 = 28,57 \text{ (г)}.$$

Вычислим массовую долю брома в растворе:

$$\omega(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{Br}_2)}{m(\text{бромной воды})} \cdot 100 = \frac{28,57}{120} \cdot 100 = 23,8 \text{ (\%)}.$$

Ответ: $\omega(\text{Br}_2) = 23,8 \text{ \%}$.

Пример 5.

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно отличить пентан от пентена-1 и пентина-1.

Решение:

Прибавим к веществам бромную воду:

$\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{Br}_2 \rightarrow$ реакция не протекает, бромная вода не обесцвечивается.

$\text{C}_5\text{H}_{10} + \text{Br}_2 = \text{C}_5\text{H}_{10}\text{Br}_2$ – бромная вода обесцвечивается.

$\text{C}_5\text{H}_8 + \text{Br}_2 = \text{C}_5\text{H}_8\text{Br}_2$ – бромная вода обесцвечивается, реакция протекает быстрее, чем с пентеном-1.

Пример 6.

Крокодил Гена с друзьями строил дом. У них была бочка с 50 кг карбида кальция для сварки. Шапокляк решила навредить им и налила в бочку $\frac{1}{2}$ ведра воды, вмещающего 10 л воды. Определите, сумела ли Шапокляк испортить весь карбид кальция и можно ли ей закурить сигарету, если бочка стояла в комнате длиной 3 м, шириной 6 м и высотой 2 м. Минимальная взрывоопасная концентрация ацетилена в воздухе 3 % (об.).

Дано:

$$m(\text{CaC}_2) = 50 \text{ кг}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 5 \text{ л}$$

$$V(\text{комнаты}) = 3 \cdot 6 \cdot 2 = 36 \text{ м}^3$$

$$\varphi_{\text{взр.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = 3 \text{ \%}$$

$$M(\text{CaC}_2) = 64 \text{ г/моль}$$

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

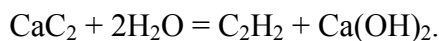
Найти:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2)$$

$$m_{\text{ост.}}(\text{CaC}_2)$$

Решение:

Запишем уравнение реакции взаимодействия карбида кальция с водой:



Вычислим количество вещества вода, вступившего в реакцию. По условию задачи в бочку налили полведра воды (объем ведра 10 л), т.е. воды взято 5 л или 5000 мл, учитывая, что плотность воды равна 1 г/мл, воды было 5000 г. Тогда:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5000}{18} = 277,78 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции соотношение $n(\text{CaC}_2) : n(\text{H}_2\text{O})$ равно 1 : 2, поэтому $n(\text{CaC}_2)$ равно 138,89 моль. Определим его массу:

$m(\text{CaC}_2) = n \cdot M = 138,89 \cdot 64 = 8888,96$ (г) или 8,89 кг, тогда масса оставшегося карбида составляет:

$$m_{\text{ост.}}(\text{CaC}_2) = m_{\text{исх}}(\text{CaC}_2) - m_{\text{прор.}}(\text{CaC}_2) = 50 - 8,89 = 41,11 \text{ (кг)}.$$

Весь карбид Шапокляк испортить не удалось.

Вычислим объем выделившегося ацетилена. По уравнению реакции соотношение $n(\text{CaC}_2) : n(\text{C}_2\text{H}_2)$ равно 1 : 1, поэтому $n(\text{C}_2\text{H}_2)$ равно 138,89 моль. Определим его объем:

$V(\text{C}_2\text{H}_2) = n \cdot V_m = 138,89 \cdot 22,4 = 3111,14$ (л) или 3,11 м³, тогда объемная доля ацетилена в воздухе равна:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_2)}{V(\text{комнаты})} \cdot 100 = \frac{3,11}{36} \cdot 100 = 8,64 \text{ (\%)}.$$

Концентрация ацетилена в воздухе значительно превышает взрывоопасную (8,64 > 3), курить нельзя.

Ответ: $\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 8,64 \text{ \%}$; $m_{\text{ост.}}(\text{CaC}_2) = 41,11 \text{ кг}$.

Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1

1. Выведите структурные формулы всех изомерных предельных углеводородов, содержащих шесть атомов углерода в молекуле. Назовите углеводороды по систематической номенклатуре.

2. Напишите сокращенную структурную формулу каждого из следующих соединений: 2-метилпентан; 2,3,4,4-тетраметилпентен-2; гексин-3; 1,2,3-триметилбензол.

3. При каталитическом дегидрировании смеси бензола, циклогексана и циклогексена получено 23,4 г бензола и выделилось 11,2 л водорода. Известно, что исходная смесь может присоединить 16 г брома. Определите состав (% по массе) исходной смеси.

4. Этиленовый углеводород массой 7 г присоединяет 2,24 л бромоводорода. Определите молярную массу и строение этого углеводорода, если известно, что он является *цис*-изомером.

5. Напишите формулу углеводорода, который получится в результате взаимодействия 3,3-диметилбутена-1 с бромом, а затем с избытком спиртового раствора щелочи при нагревании.

6. Покажите смещение электронной плотности и знак заряда на атомах углерода в *о*- и *п*-положениях бензольного кольца в следующих молекулах: карболовая кислота, нитробензол.

7. Предложите способ выделения бензола из смеси бензола со стиролом (фенилэтилен).

8. Если при одинаковых условиях гидрировать отдельно этилен и ацетилен, то за определенное время степень гидрогенизации этилена превышает соответствующую

величину для ацетилена. Если же гидрировать их смесь, то в первую очередь гидрируется ацетилен. При гидратации смеси этилена и пропилена в первую очередь гидрируется этилен. Объясните эти явления.

9. Толуол, хлорбензол, нитробензол вступают в реакцию электрофильного замещения с бромом при наличии избытка вещества (т.е. предполагается образование только монобромпроизводного). Расположите вещества в порядке возрастания массовой доли выхода *para*-изомера и дайте объяснения.

10. Газ, выделившийся при получении бромбензола из 22,17 мл бензола (плотность = 0,88 г/см³), ввели в реакцию с 4,48 л (н. у.) изобутилена. Определите состав и массу образовавшихся веществ, учитывая, что выход бромбензола составляет 80 % от теоретического, а реакция с изобутиленом идет с количественным выходом.

Вариант 2

1. Укажите углеводороды, которые относятся к алканам, и дайте им названия: C₅H₁₂; C₇H₁₄; C₆H₆; C₂H₂; C₂₂H₄₄.

2. Напишите сокращенную структурную формулу каждого из следующих соединений: 4-этилгептан; 3-метил-4-этилгексен-3.

3. Ароматический углеводород состава C₈H₈ обесцвечивает бромную воду. При каталитическом гидрировании этого углеводорода образуется этилциклогексан. Установите строение углеводорода. Определите объем водорода, который потребуется для гидрирования 52 г этого углеводорода, если реакция протекает с 80 %-ным выходом.

4. Определите молярную массу и напишите структурные формулы всех возможных изомеров этиленового углеводорода, если известно, что 1,12 г его могут обесцветить 8 г 40 %-ного раствора брома в хлороформе.

5. Напишите реакции получения бутина-2 из бутанола-1.

6. Покажите смещение электронной плотности и знак заряда на атомах углерода в *o*- и *n*-положениях бензольного кольца в следующих молекулах: этилбензол, нитробензол.

7. Напишите продукты окисления перманганатом калия этилбензола и *n*-ксилола.

8. Укажите преимущественное направление реакции бромирования по механизму электрофильного замещения *meta*- и *para*-фтортолуола.

9. Этилен гидрируется легче других алкенов, но присоединение галогенов и галогеноводородов протекает легче для гомологов этилена, чем для C₂H₄. Объясните эти факты.

10. При окислении смеси бензола и толуола раствором перманганата калия при нагревании получено после подкисления 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 сгорании исходной смеси углеводородов. Определите состав исходной смеси (в % по массе).

Вариант 3

1. Напишите структурные формулы всех возможных изомерных радикалов и назовите их: C₂H₅-; C₃H₇-.

2. Напишите сокращенную структурную формулу каждого из следующих соединений: 2-метил-4-этилгексан; 2,3-диметил-бутен-2; диэтилацетилен; 1-метил-2-этилбензол.

3. Рассчитайте массу *n*-гептана, которая потребуется для получения из него толуола в процессе циклизации и дегидрирования, чтобы выделившегося при этом

водорода было достаточно для гидрирования 84 г гексена-1. Определите массу получившегося толуола.

4. Определите объем водорода, который потребуется для каталитического гидрирования 20 г смеси, содержащей 42 % гексена и 58 % пентена (по массе).

5. Химическим путем докажите, что в первой пробирке находится пропан, а во второй – пропин.

6. Покажите смещение электронной плотности и знак заряда на атомах углерода в *o*- и *n*-положениях бензольного кольца в следующих молекулах: фенол, бензойная кислота.

7. Объясните, почему бензол не обесцвечивает бромную воду и водный раствор перманганата калия.

8. Докажите, что ацетилен в отличие от этана и этена способен легко замещать атомы водорода на атомы металла.

9. С ростом числа атомов углерода в молекуле число возможных изомеров у алкинов больше, чем у алканов, но меньше, чем у алкенов, даже если учитывать геометрическую изомерию. Объясните этот факт.

10. Смесь бензола, циклогексена и циклогексана при обработке бромной водой присоединяет 16 г брома; при каталитическом дегидрировании исходной смеси образуется 39 г бензола и водород, объем которого в 2 раза меньше объема водорода, необходимого для полного каталитического гидрирования исходной смеси углеводородов. Определите состав исходной смеси углеводородов (в % мольных).

Вариант 4

1. Напишите молекулярные формулы предельных углеводородов, содержащих пять, девять и двадцать атомов углерода в молекуле.

2. Напишите сокращенную структурную формулу каждого из следующих соединений: 2,2,4-триметилпентан; 2-метил-бутен-1; гексин-2; 1,2,3-триметилбензол.

3. При нагревании 13,8 г ароматического углеводорода А, содержащего одну алкильную группу с перманганатом калия, получено после подкисления вещество В, для нейтрализации которого требуется 30 г 20 %-ного раствора гидроксида натрия. Определите строение исходного углеводорода А.

4. Смесь этана, пропилена и ацетилена занимает объем 448 мл и может обесцветить 40 мл 5 %-ного раствора брома в тетрахлорметане (плотность = 1,6 г/см³). Минимальный объем 40 %-ного раствора гидроксида калия (плотность = 1,4 г/см³), которым можно поглотить весь оксид углерода (IV), образовавшийся при полном сгорании исходной смеси, равен 5 мл. Определите содержание газов (в % по объему) в исходной смеси. Объемы газов измерены при нормальных условиях.

5. Укажите, какой из двух изомеров газообразных углеводородов является ацетиленовым, а какой диеновым – на примере бутина-1 и бутадиена-1,3.

6. Покажите смещение электронной плотности и знак заряда на атомах углерода в *o*- и *n*-положениях бензольного кольца в следующих молекулах: толуол, карболовая кислота.

7. Напишите уравнения реакций трех способов синтеза бензола.

8. Объясните, в каких случаях присоединение водородсодержащих соединений к алкенам идет против правила Марковникова.

9. Бензойная кислота, этиловый эфир бензойной кислоты, нитробензол вступают в реакцию электрофильного замещения с бромом при наличии избытка вещества (т.е.

предполагается образование только монобромпроизводного). Расположите вещества в порядке возрастания массовой доли выхода пара-изомера и дайте объяснения.

10. Смесь циклогексена и циклогексана может обесцветить 320 г 10 %-ного раствора брома в CCl_4 . Определите состав смеси углеводов (в % по массе), если известно, что при полном дегидрировании этой смеси с образованием бензола выделяется водород в количестве, достаточном для исчерпывающего гидрирования 11,2 л дивинила.

ЗАДАНИЕ 3

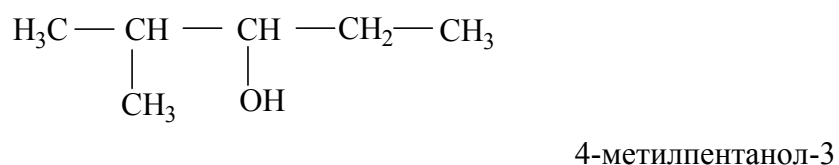
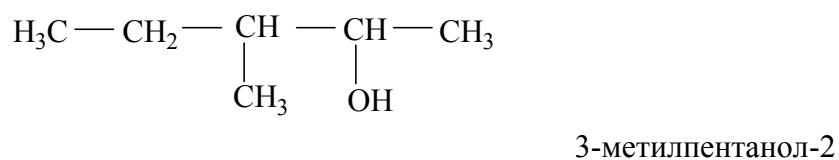
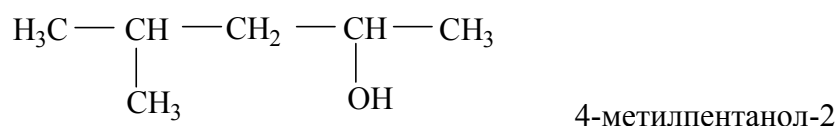
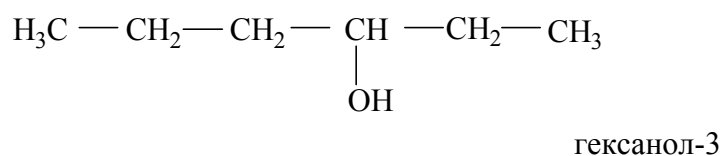
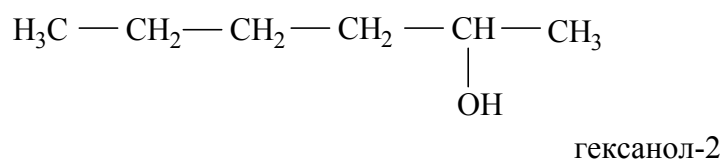
Задание включает материал раздела органической химии «Кислородсодержащие соединения»: спирты, фенолы, карбоновые кислоты, альдегиды, сложные эфиры, жиры, углеводы.

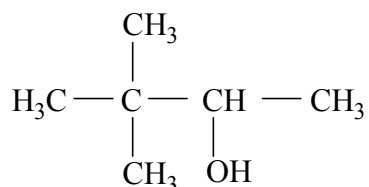
Примеры решения задач

Пример 1.

Напишите все изомеры вторичных спиртов гексанола и назовите их по заместительной номенклатуре.

Решение:





3,3-диметилбутанол-2.

Пример 2.

На нейтрализацию смеси фенола и этанола затрачен раствор объемом 50 мл с массовой долей гидроксида натрия 18 % и плотностью 1,2 г/мл. Такая же масса смеси реагирует с металлическим натрием массой 9,2 г. Определите массовые доли фенола и этанола в смеси.

Дано:

$$V(\text{р-ра NaOH}) = 50 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 18 \%$$

$$\rho = 1,2 \text{ г/мл}$$

$$m(\text{Na}) = 9,2 \text{ г}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$$

Решение:

С раствором гидроксида натрия реагирует только фенол, этанол не взаимодействует. С металлическим натрием реагируют оба компонента смеси. Запишем уравнения реакций:



По уравнению (1) рассчитаем количество вещества фенола в смеси. Определим количество вещества гидроксида натрия в 50 мл 18 %-ного раствора. Масса раствора равна:

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 50 \cdot 1,2 = 60 \text{ (г)}, \text{ тогда}$$

$$m(\text{NaOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100} = \frac{18 \cdot 60}{100} = 10,8 \text{ (г)}, \text{ следовательно,}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10,8}{40} = 0,27 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции (1) соотношение $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) : n(\text{NaOH})$ равно 1 : 1, следовательно, в реакцию вступило 0,27 моль фенола. Вычислим его массу:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n \cdot M = 0,27 \cdot 94 = 25,38 \text{ (г)}.$$

По уравнению реакции (2) с фенолом реагирует 0,27 моль натрия (соотношение $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) : n(\text{Na})$ равно 1 : 1). Остальной натрий реагирует по уравнению (3) с этанолом. Вычислим количество вещества натрия, вступившего в реакции (2) и (3):

$$n = \frac{m}{M} = \frac{9,2}{23} = 0,4 \text{ (моль)}, \text{ тогда на реакцию (3) расходуется:}$$

$$n_3(\text{Na}) = n(\text{Na}) - n_2(\text{Na}) = 0,4 - 0,27 = 0,13 \text{ (моль)}.$$

Следовательно, этанола в смеси 0,13 моль (по уравнению (3) соотношение $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) : n(\text{Na})$ равно 1 : 1). Вычислим массу этанола:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n \cdot M = 0,13 \cdot 46 = 5,98 \text{ (г)}.$$

Общая масса смеси равна:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 5,98 + 25,38 = 31,36 \text{ (г)}.$$

Рассчитаем массовые доли компонентов в смеси:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}{m(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{25,38}{31,36} \cdot 100 = 80,93 \text{ (\%)};$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{m(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{5,98}{31,36} \cdot 100 = 19,07 \text{ (\%)}.$$

Ответ: $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 80,93 \text{ \%}$, $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 19,07 \text{ \%}$.

Пример 3.

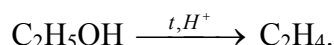
Напишите уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующей цепочки превращения: $\text{CH}_3\text{COH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{HOCH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$.

Решение:

1) Восстановление уксусного альдегида при нагревании в присутствии никелевого катализатора:



2) Дегидратация этанола при действии избытка концентрированной серной кислоты при температуре 170 °С:



3) Мягкое окисление этилена водным раствором перманганата калия (реакция Вагнера):



Пример 4.

При окислении неизвестного кислородсодержащего предельного органического соединения массой 1,8 г аммиачным раствором нитрата серебра получили серебро массой 5,4 г. Определите состав органического вещества, подвергнутого окислению.

Дано:

$$m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 1,8 \text{ г}$$

$$m(\text{Ag}) = 5,4 \text{ г}$$

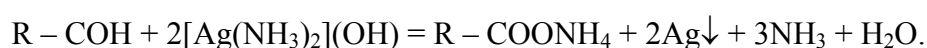
$$M(\text{Ag}) = 107,8 \text{ г/моль}$$

Найти:



Решение:

С аммиачным раствором нитрата серебра с образованием металлического серебра взаимодействуют альдегиды (реакция «серебряного зеркала»), следовательно, искомым кислородсодержащий углеводород имеет общую формулу $\text{R} - \text{COH}$. Запишем уравнение реакции:



Вычислим количество вещества образовавшегося серебра:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5,4}{107,8} = 0,05 \text{ (моль)}, \text{ следовательно,}$$

количество вещества альдегида равно 0,025 моль ($n(\text{R} - \text{COH}) : n(\text{Ag})$ равно 1 : 2).

Вычислим молярную массу альдегида:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{1,8}{0,025} = 72 \text{ (г/моль)}.$$

Общая формула предельных альдегидов: $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COH}$. Молярная масса определяется следующим образом:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COH}) = n \cdot M(\text{C}) + (n + 1) \cdot M(\text{H}) + M(\text{C}) + M(\text{O}) + M(\text{H}) = n \cdot 12 + (2n + 1) \cdot 1 + 12 + 16 + 1 = 14n + 30 = 72 \text{ (г/моль)}.$$

Получили: $14n + 30 = 72$, $n = 3$, искомым альдегид – $\text{C}_3\text{H}_7\text{COH}$ – бутаналь.

Ответ: $\text{C}_3\text{H}_7\text{COH}$.

Пример 5.

Определите массу этилацетата, который можно получить в реакции этерификации этанола массой 1,61 г и уксусной кислоты массой 1,80 г, если выход продукта составляет 75 %.

Дано:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1,61 \text{ г}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,80 \text{ г}$$

$$\eta(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 75 \text{ \%}.$$

$$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль}$$

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

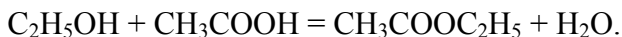
$$M(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 88 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5)$$

Решение:

Запишем уравнение реакции взаимодействия этилового спирта с уксусной кислотой:



Так как по условию задачи даны массы спирта и кислоты, рассчитаем количество вещества и определим, какое из веществ взято в избытке:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m}{M} = \frac{1,61}{46} = 0,035 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m}{M} = \frac{1,8}{60} = 0,030 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции соотношение $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) : n(\text{CH}_3\text{COOH})$ равно 1 : 1, по условию задачи соотношение $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) : n(\text{CH}_3\text{COOH})$ равно 0,035 : 0,030, следовательно, спирт взят в избытке, расчеты проводим по кислоте.

В реакцию вступило 0,03 моль уксусной кислоты, следовательно образовалось 0,03 моль этилацетата ($n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) : n(\text{CH}_3\text{COOH})$ равно 1 : 1), вычислим его массу:

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = n \cdot M = 0,03 \cdot 88 = 2,64 \text{ (г)}.$$

Это масса, рассчитанная по уравнению реакции, или теоретический выход. Определим практическую массу этилацетата, учитывая, что выход продукта составляет 75 %:

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = \frac{\eta \cdot m(\text{теор.})}{100} = \frac{75 \cdot 2,64}{100} = 1,98 \text{ (г)}.$$

Ответ: $m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 1,98 \text{ г}.$

Пример 6.

Напишите уравнения и условия протекания реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения: оксид углерода (IV) → крахмал → глюкоза → этиловый спирт.

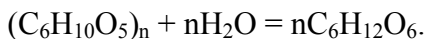
Решение:

1) Крахмал образуется в растениях при фотосинтезе:

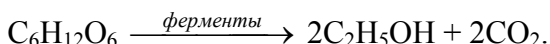
$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{h\nu, \text{хлорофилл}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$, затем глюкоза превращается в крахмал:



2) При нагревании в кислой среде происходит гидролиз крахмала и образование α-глюкозы:



3) Под действием ферментов происходит спиртовое брожение глюкозы:



Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1

1. Напишите структурные формулы третичных одноатомных спиртов гексанола и назовите их по заместительной номенклатуре.

2. Определите молярную массу и строение кислородсодержащего соединения, если известно, что при взаимодействии 7,4 г этого вещества с металлическим натрием

выделяется 1,12 л водорода, а при окислении этого вещества оксидом меди (II) образуется соединение, которое дает реакцию «серебряного зеркала».

3. Расположите в ряд по активности в реакции присоединения по карбонильной группе следующие соединения: формальдегид, ацетальдегид. Ответ поясните.

4. В результате ряда химических реакций из 92 г этилового спирта получили соединение состава $C_2H_6O_2$ с выходом 60 % от теоретического, из которого при окислении, протекающем с количественным выходом, образовалась щавелевая кислота. Ее подвергли этерификации метиловым спиртом, взятым с 30 %-ным избытком. Рассчитайте, какая масса метанола была израсходована и какая масса диметилового эфира щавелевой кислоты получена.

5. Укажите соединения, которые зашифрованы под буквами А, В, С в следующей схеме: уксусная кислота + $Cl_2 \rightarrow A + NH_3 \rightarrow B + NaOH \rightarrow C$. Приведите уравнения реакций.

6. Эквимолекулярная смесь ацетилен и формальдегида полностью реагирует с 69,6 г оксида серебра, растворенного в водном растворе аммиака. Определите массовую долю формальдегида в смеси.

7. Оливковое масло содержит 80 % (по массе) триглицерида одноосновной ненасыщенной карбоновой кислоты с одной двойной связью. Выведите формулу этого триглицерида, если известно, что 1,105 кг оливкового масла содержит 1 моль этого триглицерида.

8. Определите, сколько граммов уксусного альдегида потребуется для получения трехстадийным синтезом 55 мл этилацетата (плотность равна 0,8 г/мл), если все реакции протекают со 100 %-ным выходом.

9. В ряду соединений укажите те, которые будут вступать в реакцию с уксусной кислотой: метан, этилен, этанол, гидроксид натрия, хлорэтан, аммиак, этиленгликоль, нитробензол, этаналь.

10. При окислении аммиачным раствором оксида серебра технического ацетальдегида массой 0,5 г, содержащего различные примеси, образовалось 2,16 г металла. Определите массовую долю (%) ацетальдегида в техническом препарате.

11. Приведите химические реакции, которыми можно отличить олеиновую кислоту от стеариновой.

12. Напишите схемы получения муравьиной и уксусной кислот, имея в качестве исходных только неорганические соединения.

Вариант 2

1. Напишите структурные формулы для всех изомерных двухатомных спиртов состава $C_4H_8(OH)_2$.

2. Соединение неизвестного строения вступает в реакцию замещения с 48 %-ным раствором бромоводородной кислоты с образованием алкилбромид, имеющего плотность по водороду 61,5. Определите строение этого соединения, если известно, что при его окислении образуется альдегид.

3. Назовите кислоту, входящую в состав жиров, которая имеет цис- и транс-изомеры.

4. Уксусную кислоту массой 30,9 г, содержащую примеси этилового и ацетальдегида, последовательно обработали раствором гидрокарбоната натрия, при этом выделилось 11,2 л газа. При последовательной обработке аммиачным раствором оксида серебра образовалось 2,16 г осадка. Определите содержание (в % по массе) примесей в уксусной кислоте.

5. Укажите, какие названия соответствуют соединениям А, В, С, D. Напишите уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующей цепочки превращения: ацетилен + H_2O (Hg^{2+}) \rightarrow А + [O] \rightarrow В + Cl_2 \rightarrow С + $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ \rightarrow D.

6. Определите массу 40 %-ного раствора гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации смеси, состоящей из уксусной кислоты, фенола и этилового спирта по одному молю.

7. Многие сложные эфиры предельных одноосновных кислот широко применяются в пищевой и парфюмерной промышленности. Выведите и напишите структурную формулу грушевой эссенции, если известно, что при ее гидролизе образуются два соединения состава $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ и $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$, имеющие нормальную цепь углеродных атомов.

8. В смесь аминоксусной кислоты и безводного этилового спирта пропустили ток сухого хлороводорода. При этом в реакцию вступило 6,9 г этилового спирта и образовалось твердое вещество. Подсчитайте массу (г) образовавшегося твердого продукта реакции.

9. Укажите соединения, представленные в следующей схеме превращений символами А, В, С: этилен + HCl \rightarrow А + NaOH (р-р) \rightarrow В + CH_3COOH \rightarrow С. Напишите соответствующие уравнения реакций.

10. При нагревании 57,5 мл этилового спирта (плотность равна $0,8 \text{ г/см}^3$) с бромидом калия и концентрированной серной кислотой образовалось 87,2 г алкилбромида. Определите выход продукта реакции (в процентах от теоретически возможного).

11. Определите строение соединения состава $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$, если известно, что оно при каталитическом восстановлении образует вторичный бутиловый спирт.

12. Приведите схему химического процесса, протекающего при получении муравьиной кислоты по известному вам современному промышленному способу.

Вариант 3

1. Напишите структурные формулы всех изомерных фенолов состава $\text{C}_7\text{H}_7\text{OH}$ и назовите их по систематической номенклатуре.

2. Смесь первых двух членов гомологического ряда одноатомных спиртов обработали металлическим натрием, при этом выделилось 8,96 л газа (н. у.), а при взаимодействии такого же количества смеси спиртов с бромоводородной кислотой образовалось 78,8 г смеси двух алкилбромидов. Определите количественный состав (в граммах) исходной смеси спиртов.

3. Объясните, почему альдегиды и кетоны кипят при температуре значительно более низкой, чем спирты с тем же числом углеродных атомов (например, температура кипения ацетальдегида 21°C , а этанола 78°C).

4. Смесь фенола и этилового эфира предельной монокарбоновой кислоты общей массой 29,8 г обработали 393 мл 20 %-ного раствора гидроксида натрия (плотность равна $1,22 \text{ г/см}^3$) при нагревании. Избыток щелочи нейтрализовали 180,5 мл 36 %-ной соляной кислоты (плотность равна $1,18 \text{ г/см}^3$). Если обработать исходную смесь избытком бромной воды, то образуется 33,1 г белого творожистого осадка. Определите строение эфира в исходной смеси.

5. Укажите, какие названия соответствуют соединениям А, В, С, D. Напишите уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующей цепочки превращения: пропанол-1 + H_2SO_4 \rightarrow А + HCl \rightarrow В + NaOH (р-р) \rightarrow С.

6. При взаимодействии 30 г уксусной кислоты с избытком этилового спирта получено 33 г продукта реакции. Определите выход этого продукта в процентах от теоретического.

7. Соединение неизвестного строения состава $C_4H_8Cl_2$ нагревали с водным раствором гидроксида натрия и получили органическое соединение, которое превратилось в соединение состава $C_4H_8O_2$, восстановив при этом гидроксид меди (II) до оксида меди (I). Определите строение исходного соединения.

8. Определите массу жира, содержащего 81 % тристеарата глицерина, который потребуется для двухстадийного синтеза 45,4 г нитроглицерина при условии, что все превращения протекают количественно.

9. Укажите соединения, представленные в следующей схеме превращений символами А, В, С: бензол + HNO_3 (H_2SO_4) \rightarrow А + $3H_2$ \rightarrow В + $3Br_2$ \rightarrow С. Напишите соответствующие уравнения реакций.

10. Рассчитайте количество звеньев $C_6H_{10}O_5$, которые содержатся в целлюлозе: а) льняного волокна ($M = 586602$ г/моль); б) хлопкового волокна ($M = 7538508$ г/моль).

11. Назовите и приведите реакции, позволяющие отличить альдегид от кетона.

12. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно получить пропионовую кислоту из *n*-пропилбромида.

Вариант 4

1. Напишите структурные формулы изомерных спиртов состава $C_5H_{11}OH$, содержащих CH_2-OH группу, и назовите их по систематической номенклатуре.

2. Определите объем 40 %-ного раствора фенола в бензоле (плотность равна $0,9$ г/см³), который должен прореагировать с металлическим натрием, чтобы выделившегося водорода хватило на полное каталитическое гидрирование 1,12 л (н. у.) ацетилен.

3. Из 2,704 кг пчелиного воска выделили 1 моль мирицилового эфира пальмитиновой кислоты, что составляет 25 % (по массе). Напишите структурную формулу этого сложного эфира, считая, что мирициловый спирт – это одноатомный спирт с нормальной цепью углеродных атомов.

4. При окислении предельного одноатомного спирта кислородом воздуха в присутствии катализатора при 500 °С образовалась кислота, на нейтрализацию 22 г которой потребовалось 59,4 мл 20 %-ного раствора гидроксида калия (плотность равна $1,18$ г/см³). Определите молекулярную формулу исходного спирта и напишите его возможную структурную формулу.

5. Укажите, какие названия соответствуют соединениям А, В, С, D. Напишите уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующей цепочки превращения: ацетилен + H_2O (Hg^{2+}) \rightarrow А + H_2 \rightarrow В + Na \rightarrow С.

6. Определите массу жира, представляющего собой трипальмитат глицерина, которая потребуется для получения одного куса туалетного мыла массой 100 г, если в мыле содержится 83,4 % пальмитата натрия.

7. Укажите строение монокарбонильного соединения с пятью атомами углерода в молекуле, если известно, что оно реагирует с аммиачным раствором оксида серебра, а при каталитическом гидрировании образует спирт состава $C_5H_{12}O$, содержащий три атома углерода в главной цепи.

8. Рассчитайте объем кислорода (н. у.), который израсходуется при полном сгорании 46 г этилового спирта.

9. Укажите соединения, представленные в следующей схеме превращений символами А, В, С: бензол + HNO_3 (H_2SO_4) \rightarrow А + Fe + HCl \rightarrow В + NaOH \rightarrow С. Напишите соответствующие уравнения реакций.

10. При обработке 0,5 л 5%-ного раствора (плотность равна 0,72 г/см³) одноатомного спирта неизвестного строения металлическим натрием выделилось 3,36 л (н. у.) газа. Предложите возможные структурные формулы спирта.

11. Объясните, почему карбоновые кислоты обладают более сильными кислотными свойствами по сравнению со спиртами.

12. Укажите, почему мыло теряет моющие свойства при использовании его в кислой среде.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 11 КЛАССА

ЗАДАНИЕ 1

Задание включает материал разделов органической химии «Азотсодержащие соединения» и «Кислородсодержащие соединения». Решение расчетных задач предполагает использование основных понятий химии: относительная атомная и молекулярная масса, молярная масса, моль, молярный объем, относительная плотность газа.

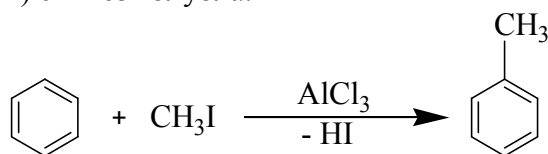
Примеры решения задач

Пример 1.

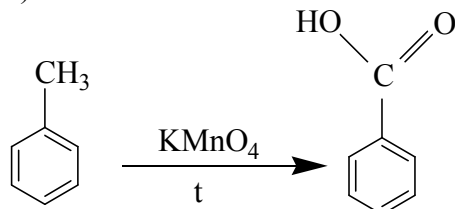
Используя известные вам свойства бензола и его производных, изобразите уравнения реакций химические процессы, при помощи которых из бензола, используя другие неорганические и органические реактивы, можно получить кратчайшим путем этилбензоат и *мета*-аминобензойную кислоту.

Решение:

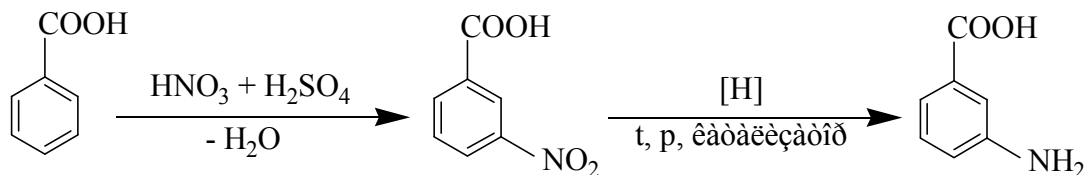
1) синтез толуола:



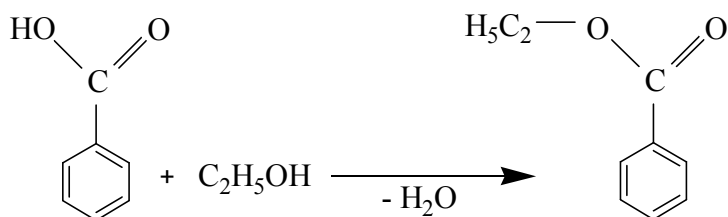
2) синтез бензойной кислоты:



3) синтез *мета*-аминобензойной кислоты:



4) синтез этилбензоата:



Пример 2.

Анализ пробы диоксида углерода, имеющего примесь азота, показал, что в пробе содержится 24 (мас.) % углерода. Вычислите массовую долю азота (%), содержащегося в исследуемой пробе газа.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 24 \%$$

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

$$M(\text{C}) = 12 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$\omega(\text{N}_2)$$

Решение:

Проба состоит из оксида углерода (IV) CO_2 и азота N_2 . Пусть масса пробы равна 100 г, тогда масса углерода составит 24 г, сделаем пересчет на оксид углерода (IV):

12 г С соответствует 44 г CO_2 , тогда

24 г С соответствует m г CO_2 ,

$$m = \frac{24 \cdot 44}{12} = 88 \text{ (г)},$$

следовательно, азота в пробе содержится:

$$m(\text{N}_2) = m(\text{пробы}) - m(\text{CO}_2) = 100 - 88 = 12 \text{ (г)}.$$

Тогда $\omega(\text{CO}_2) = 88 \%$, $\omega(\text{N}_2) = 12 \%$ (так как масса пробы равна 100 г).

Ответ: $\omega(\text{CO}_2) = 88 \%$, $\omega(\text{N}_2) = 12 \%$

Пример 3.

Какой объем раствора серной кислоты ($\omega = 60 \%$, $\rho = 1,054 \text{ г/см}^3$) можно получить из 1 т FeS_2 , если считать, что потерь в производстве не происходит?

Дано:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60 \%$$

$$\rho = 1,054 \text{ г/см}^3$$

$$m(\text{FeS}_2) = 1 \text{ т} = 1 \cdot 10^6 \text{ г}$$

$$M(\text{FeS}_2) = 120 \text{ г/моль}$$

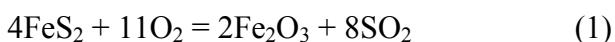
$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$V(\text{р-ра H}_2\text{SO}_4)$$

Решение:

Запишем уравнения реакций стадий процесса получения серной кислоты:



Вычислим количество вещества FeS_2 , вступившего в реакцию:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1 \cdot 10^6}{120} = 8333,33 \text{ (моль)}.$$

Из уравнений реакций видно, что из 1 моль FeS_2 можно получить 2 моль серной кислоты, т.е. $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 8333,33 = 16666,7$ (моль). Рассчитываем массу серной кислоты:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 16666,7 \cdot 98 = 1633336,6 \text{ (г)}.$$

Вычислим массу раствора серной кислоты, необходимого для реакции:

$$m(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{в-ва}) \cdot 100}{\omega} = \frac{1633336,6 \cdot 100}{60} = 2722227,7 \text{ (г)}.$$

Тогда объем раствора серной кислоты равен:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{2722227,7}{1,504} = 1809991,8 \text{ (мл)} = 1810 \text{ (л)}.$$

Ответ: $V(\text{р-ра } \text{H}_2\text{SO}_4) = 1810 \text{ л}.$

Пример 4.

Сплав алюминия с магнием массой 1,000 г растворили полностью в 20,00 мл 9 моль/л соляной кислоты; при этом выделилось 1,100 л водорода (н. у.). К полученному раствору добавили 200,0 мл раствора гидроксида натрия (плотность равна $1,280 \text{ г/см}^3$) с массовой долей гидроксида натрия, равной 25,56 %. Где будет находиться алюминий – в растворе в виде диакватетрагидроксиалюминат-аниона $[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$ или в осадке в виде гидроксида алюминия?

Дано:

$$m(\text{сплава}) = 1,000 \text{ г}$$

$$V(\text{р-ра } \text{HCl}) = 20,00 \text{ мл}$$

$$C_M = 9 \text{ моль/л}$$

$$V(\text{H}_2) = 1,100 \text{ л}$$

$$V(\text{р-ра } \text{NaOH}) = 200,0 \text{ мл}$$

$$\rho = 1,280 \text{ г/см}^3$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 25,56 \%$$

$$M(\text{Al}) = 27 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Mg}) = 24 \text{ г/моль}$$

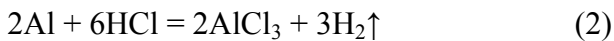
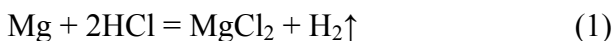
$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

Найти:

где будет находиться алюминий

Решение:

Запишем уравнения протекающих реакций при растворении сплава в соляной кислоте:



Рассчитаем количество водорода, выделившееся в ходе реакций:

$$n(\text{H}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{1,1}{22,4} = 0,049 \text{ (моль)}.$$

Определим состав сплава. Пусть по реакции (1) выделилось y моль водорода, тогда по реакции (2) объем выделившегося водорода равен $(0,049 - y)$ моль. Пусть в сплаве содержится x г алюминия, тогда масса магния равна $(1 - x)$ г. Определим количества этих веществ в сплаве:

$$n(\text{Al}) = \frac{m}{M} = \frac{x}{27} \text{ моль}, \quad n(\text{Mg}) = \frac{m}{M} = \frac{(1-x)}{24} \text{ моль}.$$

Составим систему двух уравнений с двумя неизвестными. По уравнению (1) $n(\text{Mg}) = n(\text{H}_2)$, следовательно, $\frac{1-x}{24} = y$.

По уравнению (2) $n(\text{Al}) = 2/3 n(\text{H}_2)$, следовательно, $\frac{x}{27} = \frac{2}{3}(0,049 - y)$.

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{x}{27} = \frac{2}{3}(0,049 - y) \\ \frac{1-x}{24} = y \end{cases}; \begin{cases} x = \frac{2 \cdot 27}{3} \left(0,049 - \frac{1-x}{24} \right) \\ \frac{1-x}{24} = y \end{cases}; \begin{cases} 0,25x = 0,132 \\ \frac{1-x}{24} = y \end{cases}; \begin{cases} x = 0,528 \\ y = 0,0197 \end{cases}$$

Рассчитаем число молей соляной кислоты, которое вступило в реакцию со сплавом:

по уравнению (1) $n(\text{HCl})_1 = 2n(\text{H}_2)_1 = 2 \cdot y = 2 \cdot 0,0197 = 0,0394$ (моль);

по уравнению (2) $n(\text{HCl})_2 = 2n(\text{H}_2)_2 = 2 \cdot (0,049 - y) = 2 \cdot (0,049 - 0,0197) = 0,0586$ (моль);

$n(\text{HCl})_{\text{прор.}} = n(\text{HCl})_1 + n(\text{HCl})_2 = 0,0394 + 0,0586 = 0,098$ (моль).

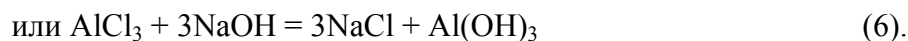
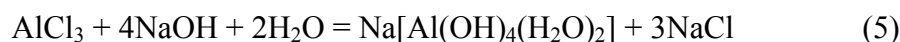
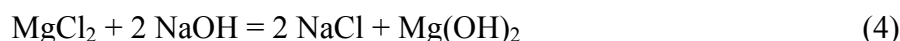
Рассчитаем число молей соляной кислоты в исходном растворе:

$$n(\text{HCl}) = \frac{C \cdot V}{1000} = \frac{9 \cdot 20}{1000} = 0,18 \text{ (моль)}.$$

Рассчитаем число молей непрореагировавшей соляной кислоты:

$n(\text{HCl})_{\text{непрор.}} = n(\text{HCl}) - n(\text{HCl})_{\text{прор.}} = 0,18 - 0,098 = 0,082$ (моль).

Полученный раствор состоит из HCl , MgCl_2 , AlCl_3 и воды. Запишем уравнения реакций, протекающих в полученном растворе после добавления раствора гидроксида натрия:



Определим количество гидроксида натрия в исходном растворе:

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 200 \cdot 1,28 = 256 \text{ (г)};$$

$$m(\text{NaOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100} = \frac{25,56 \cdot 256}{100} = 64,4336 \text{ (г)}, \text{ вычислим количество вещества}$$

гидроксида натрия:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{64,4336}{40} = 1,6358 \text{ (моль)}.$$

Рассчитаем число молей гидроксида натрия, которое необходимо для протекания реакций (3) и (4):

по уравнению (3) $n(\text{NaOH})_3 = n(\text{HCl})_{\text{непрор.}} = 0,082$ моль;

по уравнению (4) $n(\text{NaOH})_4 = 2n(\text{MgCl}_2) = 2n(\text{H}_2) = 2 \cdot y = 2 \cdot 0,0197 = 0,0394$ (моль);

$n(\text{NaOH})_3 + n(\text{NaOH})_4 = 0,082 + 0,0394 = 0,1214$ (моль).

Рассчитаем число молей гидроксида натрия, которое остается на протекание реакции с AlCl_3 :

$$n(\text{NaOH})_{5,6} = n(\text{NaOH}) - (n(\text{NaOH})_3 + n(\text{NaOH})_4) = 1,6358 - 0,1214 = 1,5144 \text{ (моль)}.$$

Найдем соотношение количеств веществ NaOH и AlCl_3 . Рассчитаем количество вещества хлорида алюминия: $n(\text{AlCl}_3) = n(\text{Al}) = \frac{x}{27} = \frac{0,528}{27} \cong 0,02$ (моль).

Соотношение количеств веществ равно:

$$\frac{n(\text{NaOH})}{n(\text{AlCl}_3)} = \frac{1,5144}{0,02} \cong \frac{76}{1},$$

следовательно, гидроксид натрия взят в избытке, поэтому будет протекать реакция (5), т.е. алюминий в растворе будет находиться в виде диакватетрагидроксоалюминат-аниона.

Ответ: $[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$.

Пример 5.

Свежеприготовленная смесь пропилового спирта и пропионовой кислоты может прореагировать со 100 мл 4,04 %-ного раствора гидрокарбоната натрия (плотность равна $1,04 \text{ г/см}^3$). Выделившийся при этом газ занимает в 18 раз меньший объем, чем тот же газ, образующийся при полном сгорании такого же количества исходной смеси (объем газов измерен при одинаковых условиях). Вычислите массу и состав исходной смеси в процентах по массе.

Дано:

смесь ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$)

$V(\text{р-ра NaHCO}_3) = 100 \text{ мл}$

$\omega(\text{NaOH}) = 4,04 \%$

$\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{18}$$

$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 84 \text{ г/моль}$

$M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = 60 \text{ г/моль}$

$M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = 74 \text{ г/моль}$

Найти:

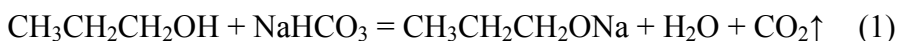
m (смеси)

$\omega(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})$

$\omega(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH})$

Решение:

Запишем уравнения реакций взаимодействия смеси пропилового спирта и пропионовой кислоты с раствором гидрокарбоната натрия:



$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \nrightarrow$ реакция не протекает.

Определим количество вещества гидрокарбоната натрия в исходном растворе:

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 100 \cdot 1,04 = 104 \text{ (г)};$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100} = \frac{4,04 \cdot 104}{100} = 4,20 \text{ (г)};$$

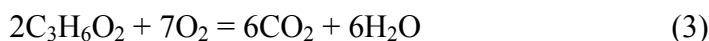
$$m(\text{NaHCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{4,20}{84} = 0,05 \text{ (моль)}.$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4,20}{84} = 0,05 \text{ моль}.$$

Вычислим массу спирта вступившего в реакцию. По реакции (1) $n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = 0,05 \text{ моль}$;

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = n \cdot M = 0,05 \cdot 60 = 3 \text{ (г)}.$$

Определим массу кислоты. Запишем реакции горения исходных веществ:



По условию задачи $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{18}$, следовательно, $V_2 = 18V_1$, т.к. объемы газов измерены

при одинаковых условиях, то $n_2 = 18n_1 = 18 \cdot 0,05 = 0,9$ (моль).

Из уравнения (2) следует, что $n(\text{CO}_2) = 3n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = 3 \cdot 0,05 = 0,15$ (моль). Количество CO_2 , выделившееся по реакции (3), равно $0,9 - 0,15 = 0,75$ (моль). Тогда количество вещества пропионовой кислоты равно:

$$n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = 1/3 n(\text{CO}_2) = \frac{0,75}{3} = 0,25 \text{ (моль)},$$

следовательно, $m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = n \cdot M = 0,25 \cdot 74 = 18,5$ (г).

Вычислим массу смеси:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) + m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = 3 + 18,5 = 21,5 \text{ (г)}.$$

Рассчитаем массовые доли веществ в смеси:

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})}{m(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{3}{21,5} \cdot 100 = 13,95 \text{ \%};$$

$$\omega(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2)}{m(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{18,5}{21,5} \cdot 100 = 86,05 \text{ \%}.$$

Ответ: $m(\text{смеси}) = 21,5$ г; $\omega(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = 13,95 \text{ \%}$; $\omega(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = 86,05 \text{ \%}$.

Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1

1. В качестве жаропонижающего средства в медицине многие годы использовался антифебрин (ацетанилид) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCOCH}_3$. Как можно получить его из неорганических веществ? Напишите схемы возможных реакций.

2. Плотность некоторого газа по воздуху $D_{\text{возд}} = 2,209$. Определите плотность этого газа по хлору и число молекул, содержащихся в 1 г газа.

3. Какую массу цинка и серной кислоты можно получить из цинковой обманки массой 100 т, содержащей 35 % сульфида цинка?

4. Нагрели 1 кг смеси, включающей 50 % $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$, 30 % $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ и 20 % CaCl_2 . В результате реакции получена смесь хлората и хлорида кальция, суммарная масса которой также равна 1 кг. Вычислите массовую долю (%) в ней хлората кальция.

5. Газы, образовавшиеся при полном сгорании 1120 см^3 смеси ацетилен и пропилен (н. у.), пропущены через 300 см^3 0,5 моль/л раствора едкого кали. Полученный при этом раствор может поглотить еще 448 см^3 диоксида углерода. Определите состав исходной смеси в процентах по объему.

6. Какой объем водорода образуется при взаимодействии 2,00 л метана (н. у.) со всем хлором, полученным при действии избытка диоксида марганца на 50 г 28,2 %-ной соляной кислоты? Приведите уравнения реакций.

Вариант 2

1. Как можно получить ацетон (диметилкетон), исходя из пропанола-1? Напишите необходимые уравнения реакций.

2. При 400 °С и определенном давлении кислород объемом 200 см³ в 1,935 раза легче, чем пары фосфора объемом 100 см³. Определите, из какого числа атомов состоит молекула паров фосфора при 400 °С.

3. Завод по производству серной кислоты заключил договор на поставку 5 т аккумуляторной кислоты, содержащей 35 % H₂SO₄ (плотность равна 1,260 г/см³). Для выполнения заказа было решено использовать 1750 кг 15,03 %-ной H₂SO₄ плотностью 1,102 г/см³ и 90,05 %-ную H₂SO₄ плотностью 1,814 г/см³: а) какую массу 90,05 %-ной кислоты необходимо добавить к 1750 кг 15,03 %-ной кислоты, чтобы получить аккумуляторную кислоту нужной концентрации? б) какой объем воды и какая масса 90,05 %-ной кислоты потребуется для получения недостающей до 5 т аккумуляторной кислоты?

4. Газовую смесь объемом 5 л (н. у.), содержащую (объемные доли, %) HCl – 25, Cl₂ – 3 и N₂ – 72, пропустили через 50 г горячего раствора гидроксида калия с массовой долей KOH, равной 20 %, так что хлороводород и хлор полностью поглотилась. Какие вещества в растворе и какова их масса?

5. Смесь этана, этилена и пропилена имеет плотность по водороду, равную 15,9. К 1 л этой смеси прибавили 1 л водорода и полученную газовую смесь пропустили над нагретым платиновым катализатором. При этом ее объем уменьшился до 1,5 л (все газы измерены при нормальных условиях). Найдите состав исходной смеси в процентах по объему.

6. К 1 л смеси этана и ацетиленов добавлено 2 л водорода. Полученная смесь пропущена над платиновым катализатором. Объем смеси после пропускания и приведения к исходным условиям составил 1,6 л. Определите состав исходной смеси в процентах по объему.

Вариант 3

1. Как можно получить анилин, используя в качестве исходных веществ только неорганические соединения? Укажите условия, в которых протекают предложенные вами для синтеза реакции.

2. Используемая при каталитическом окислении диоксида серы смесь этого вещества с кислородом имела плотность по кислороду 1,2. Определите состав смеси.

3. В открытой посуде нагрели хлорат калия KClO₃ массой 12 г. Через некоторое время нагревание прекратили. Масса получившегося твердого остатка составила 8 г. Какая масса хлората калия разложилась?

4. При обжиге смеси пирита FeS₂ с сульфидом цинка ZnS массой 100 г выделилось 30 л (н. у.) диоксида серы. Определите состав смеси.

5. На гидролиз 2,90 г смеси фенилацетата с бензилацетатом (бензил – радикал C₆H₅CH₂-) потребовалось 400 мл 0,05 моль/л раствора едкого натра. Определите состав смеси исходных эфиров.

6. К 1 л смеси этана и этилена добавили 1 л водорода и полученную смесь пропустили над никелевым катализатором. Объем смеси после пропускания при тех же условиях составил 1,3 л. Установите состав исходной смеси в процентах по объему.

Вариант 4

1. Предложите способы получения этилового спирта, ацетальдегида, уксусной кислоты, хлорвинила, бензола и анилина, исходя из известняка, угля и используя только неорганические вещества. Напишите уравнения реакций.

2. Определите плотность по водороду равновесной газовой смеси NO_2 , NO , O_2 , если исходным веществом был диоксид азота, а к моменту установления равновесия 10 % его превратилось в продукты реакции.

3. В процессе гашения извести CaO подачу воды прекратили, когда масса извести увеличилась на 25 %. Полностью ли жженая известь CaO при этом превратилась в гашеную $\text{Ca}(\text{OH})_2$?

4. Смесь безводных нитратов бария и стронция массой 68,46 г многократным выпариванием с концентрированной соляной кислотой, а затем с водой с последующим высушиванием переведена в смесь хлоридов бария и стронция. Масса смеси равна 52,53 г. Какова масса каждой соли в исходной смеси?

5. Какое минимальное количество монохлоруксусной кислоты должно быть сожжено, чтобы после поглощения всех образовавшихся газообразных продуктов сгорания 100 г 1,12 %-ного раствора гидроксида калия не выпадал осадок от прибавления хлорида кальция?

6. Содержание предельного углеводорода в смеси, состоящей из всех углеводородов, содержащих по два атома углерода, составляет 32,8 % (по объему). 1 л смеси (условия в пересчете на нормальные) может присоединить 6,4 г брома. Найдите плотность смеси углеводородов (в г/л).

ЗАДАНИЕ 2

Задание включает следующие разделы химии: периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева, свойства металлов, химические процессы, смеси веществ, газов, растворов, химическая связь, элементы качественного анализа.

Примеры решения задач

Пример 1.

Элементы А, В и С расположены в периодической системе химических элементов друг за другом. Соединение АС по своей твердости не уступает простому веществу, образованному одним из этих трех элементов. Из указанных элементов в соединениях между собой только два дают газообразное вещество формулы B_2C_2 . Какие это элементы?

Решение:

Данным условия задачи соответствуют три элемента второго периода периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Это А – бор (№ 5), В – углерод (№ 6) и С – азот (№ 7). Бор и азот образуют нитрид бора BN (АС), вещество по твердости не уступающее алмазу (простое вещество, аллотропная модификация углерода). Углерод и азот образуют газообразное вещество C_2N_2 или $(\text{CN})_2$ – дициан (B_2C_2).

Ответ: бор, углерод, азот.

Пример 2.

При обработке 0,84 г опилок сплава двух элементов избытком соляной кислоты выделилось 224 мл водорода и осталось 0,28 г нерастворимого остатка. При действии на то же количество исходного сплава избытка раствора щелочи выделилось 448 мл водорода

(объемы газов измерены при нормальных условиях) и осталось 0,56 г нерастворимого остатка. Определите состав сплава.

Дано:

$$m(\text{сплава}) = 0,84 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2)_{\text{кис.}} = 224 \text{ мл} = 0,224 \text{ л}$$

$$m(\text{ост.})_{\text{кис.}} = 0,28 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2)_{\text{щел.}} = 448 \text{ мл} = 0,448 \text{ л}$$

$$m(\text{ост.})_{\text{щел.}} = 0,56 \text{ г}$$

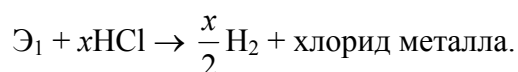
Найти:

состав сплава

Решение:

Поскольку сумма масс остатков после растворения сплава в кислоте и щелочи равна массе сплава ($0,28 + 0,56 = 0,84$ (г)), очевидно, что в кислоте растворяется один компонент сплава массой 0,56 г, а в щелочи – второй массой 0,28 г.

Запишем схему процесса взаимодействия с кислотой:



Вычислим количество вещества водорода, выделившегося в результате взаимодействия:

$$m(\text{H}_2)_{\text{кис.}} = \frac{V}{V_m} = \frac{0,224}{22,4} = 0,01 \text{ (моль).}$$

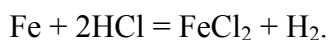
Если $x = 1$, то $n(\text{Э}_1) = \frac{1}{2}n(\text{H}_2) = 0,005$ моль, тогда молярная масса элемента равна:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,56}{0,005} = 112 \text{ (г/моль), такого одновалентного металла не существует.}$$

Если $x = 2$, то $n(\text{Э}_1) = n(\text{H}_2) = 0,01$ моль, тогда молярная масса элемента равна:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,56}{0,01} = 56 \text{ (г/моль), искомым металл железо.}$$

Уравнение реакции имеет вид:



Запишем схему процесса взаимодействия со щелочью:



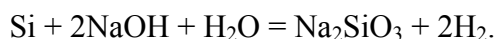
Вычислим количество вещества водорода, выделившегося в результате взаимодействия:

$$m(\text{H}_2)_{\text{щел.}} = \frac{V}{V_m} = \frac{0,448}{22,4} = 0,02 \text{ (моль).}$$

Если $x = 1$, то $n(\text{Э}_2) = \frac{1}{2}n(\text{H}_2) = 0,01$ моль, тогда молярная масса элемента равна:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,28}{0,01} = 28 \text{ (г/моль), этот элемент кремний.}$$

Уравнение реакции имеет вид:



Ответ: сплав состоит из 0,28 г кремния и 0,56 г железа.

Пример 3.

В пробирках находятся растворы натриевых солей различных кислот: Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Na_2S , NaNO_2 и NaCl . С помощью какого реактива можно определить все шесть солей? Напишите уравнения реакций.

Решение:

Искомым реактивом является разбавленная соляная кислота. Запишем уравнения реакций с указанием признаков протекания реакций:

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (выделяется углекислый газ – без цвета, без запаха);

$\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (выделяется сернистый газ – без цвета, с резким запахом);

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (выделяется сернистый газ – без цвета, с резким запахом и выпадает сера);

$\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ (выделяется сероводород – газ с запахом тухлых яиц);

$\text{Na}_2\text{NO}_2 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (выделяется оксид азота (IV) – газ бурого цвета с едким запахом);

$\text{NaCl} + \text{HCl} \leftrightarrow$ (видимых изменений нет).

Ответ: разбавленная соляная кислота.

Пример 4.

Железную пластину массой 15 г опустили в раствор сульфата меди. По окончании реакции масса пластины оказалась равной 15,75 г. Определите массу растворившегося железа.

Дано:

m (пластины,1) = 15 г

m (пластины,2) = 15,75 г

$M(\text{Fe}) = 56$ г/моль

$M(\text{Cu}) = 63,5$ г/моль

Найти:

$m(\text{Fe})$

Решение:

Запишем уравнение реакции:

$\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$.

Рассчитаем, насколько изменилась масса пластины в ходе реакции:

$\Delta m = m$ (пластины,2) - m (пластины,1) = 15,75 - 15 = 0,75 (г).

Рассчитаем изменение молярной массы (оно равно изменению массы при взаимодействии 1 моль веществ):

$\Delta M = M(\text{Cu}) - M(\text{Fe}) = 63,5 - 56 = 7,5$ (г/моль).

Определим массу растворившегося железа:

$m(\text{Fe}) = M(\text{Fe}) \cdot \frac{\Delta m}{\Delta M} = 56 \cdot \frac{0,75}{7,5} = 5,6$ (г).

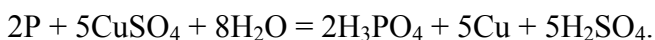
Ответ: $m(\text{Fe}) = 5,6$ г.

Пример 5.

Средством первой помощи при ожоге белым фосфором служит мокрая повязка, пропитанная 5 %-ным раствором CuSO_4 ; раствор CuSO_4 рекомендуется и для тушения горящего белого фосфора. Напишите уравнение химической реакции, благодаря которой белый фосфор «обезвреживается».

Решение:

Запишем уравнение реакции взаимодействия фосфора с раствором сульфата меди:



В результате реакции образуется фосфорная кислота и белый фосфор «обезвреживается».

Пример 6.

При нейтрализации 250 г водного раствора фенола и уксусной кислоты потребовалось 44,25 мл 12 %-ного раствора едкого натра (плотность равна $1,13 \text{ г/см}^3$), а при действии на то же количество смеси избытка бромной воды выпало 16,55 г осадка. Определите (в процентах по массе) содержание уксусной кислоты в растворе.

Дано:

$$m(\text{смеси}) = 250 \text{ г}$$

$$V(\text{р-ра}) = 44,25 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 12 \%$$

$$\rho = 1,13 \text{ г/мл}$$

$$m(\text{осадка}) = 16,55 \text{ г}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = 331 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94 \text{ г/моль}$$

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

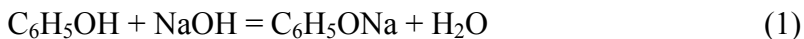
$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH})$$

Решение:

Запишем уравнения протекающих реакций:



Рассчитаем количество выпавшего осадка по реакции (3):

$$n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = \frac{m}{M} = \frac{16,55}{331} = 0,05 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции (3) количество вещества трибромфенола $\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}$ равно количеству вещества фенола $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, следовательно, $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,05 \text{ моль}$.

Рассчитаем количество вещества гидроксида натрия NaOH:

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 44,25 \cdot 1,13 \cong 50 \text{ (г)};$$

$$m(\text{NaOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{p-ра})}{100} = \frac{12 \cdot 50}{100} = 6 \text{ (г)};$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{6}{40} = 0,15 \text{ (моль)}.$$

По уравнению (3) определили, что $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,05$ моль. По уравнению реакции (1) количество вещества гидроксида натрия равно количеству вещества фенола, следовательно, $n(\text{NaOH})$, пошедшего на (1) реакцию, равно 0,05 моль. Тогда количество вещества гидроксида натрия, пошедшего на реакцию взаимодействия с кислотой, равно:

$$n(\text{NaOH})_2 = n(\text{NaOH})_{\text{исх}} - n(\text{NaOH})_1 = 0,15 - 0,05 = 0,1 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции (2) количество вещества гидроксида натрия равно количеству вещества уксусной кислоты, следовательно, $n(\text{CH}_3\text{COOH})$ 0,1 моль.

Рассчитаем массу уксусной кислоты:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n \cdot M = 0,1 \cdot 60 = 6 \text{ (г)}.$$

Определим процентное содержание уксусной кислоты в растворе:

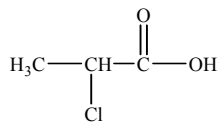
$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{m(\text{p-ра})} \cdot 100 = \frac{6}{250} \cdot 100 = 2,4 \text{ (\%)}.$$

Ответ: $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2,4 \text{ \%}$.

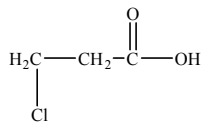
Пример 7.

Напишите структурные формулы нескольких реально существующих, по вашему мнению, изомеров вещества состава $\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}_2$ и напишите одно – два уравнения реакции, характеризующие химические свойства этих изомеров.

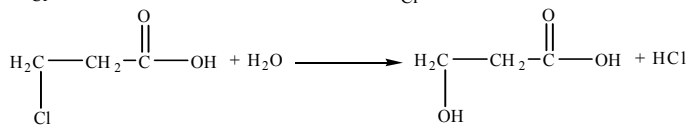
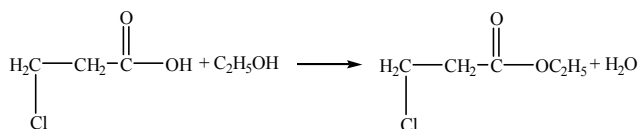
Решение:



2-хлорпропионовая кислота



3-хлорпропионовая кислота



Пример 8.

Имеется смесь двух газов, характеризующаяся следующими свойствами: 1) при пропускании этой смеси объемом 10 л через раствор гидроксида кальция образуется соль массой 10 г; 2) при пропускании этой смеси объемом 5 л через раствор серной кислоты образуется соль массой 11,43 г. Определите качественный и количественный состав смеси, если ее плотность по водороду равна 11,52.

Дано:

$$V(\text{смеси})_1 = 10 \text{ л}$$

$$m(\text{соли})_1 = 10 \text{ г}$$

$$V(\text{смеси})_2 = 5 \text{ л}$$

$$V(\text{смеси})_2 = 11,43 \text{ г}$$

$$D(\text{H}_2) = 1,52$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$$

$$M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 132 \text{ г/моль}$$

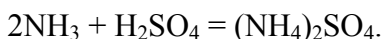
Найти:

$$\varphi_1$$

$$\varphi_2$$

Решение:

Газ, взаимодействующий с H_2SO_4 , имеет основной характер (например, аммиак NH_3). Запишем уравнение реакции взаимодействия аммиака с серной кислотой:



Тогда образующаяся соль – это сульфат аммония, определим количество вещества $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{11,43}{132} = 0,0866 \text{ (моль)}.$$

Определим количество аммиака. По уравнению реакции на 1 моль серной кислоты приходится 2 моль аммиака, поэтому количество вещества аммиак равно 0,1732 моль ($2 \cdot 0,0866$). Рассчитаем объем газа:

$$V(\text{NH}_3) = n \cdot V_m = 0,1732 \cdot 22,4 = 3,88 \text{ (л)}.$$

$$\varphi(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{3,88}{5} \cdot 100 = 77,6 \text{ (\%)}.$$

Газ, образующий соль с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, имеет кислотный характер (например, HCl , H_2S , SO_2 , SO_3 , CO_2 и т.д.).

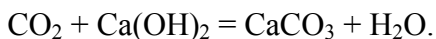
$$\varphi_x = 100 - 77,6 = 22,4 \text{ (\%)}.$$

По закону Авогадро, $\varphi(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) + \varphi(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2)$. Отсюда,

$$M_x = \frac{11,52 \cdot 2 - 0,776 \cdot 17}{0,224} = 44 \text{ (г/моль)}.$$

Полученное значение соответствует молярной массе углекислого газа CO_2 .

Сделаем проверку полученного результата по первому условию, запишем уравнение реакции взаимодействия углекислого газа и гидроксида кальция.



Вычислим объем углекислого газа в смеси объемом 10 л:

$$V(\text{CO}_2) = \frac{\varphi(\text{CO}_2) \cdot V(\text{смеси})}{100} = \frac{22,4 \cdot 10}{100} = 22,4 \text{ (л)}; \text{ тогда}$$

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции количество вещества углекислого газа равно количеству вещества карбоната кальция, т.е. $n(\text{CaCO}_3) = 0,1$ моль. Тогда масса карбоната кальция равна:

$M(\text{CaCO}_3) = n \cdot M = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ (г)}$. что соответствует условию задачи, следовательно, смесь состоит из аммиака (77,6 %) и углекислого газа (22,4 %).

Ответ: $\varphi(\text{NH}_3) = 77,6 \%$; $\varphi(\text{CO}_2) = 22,4 \%$.

Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1

1. Элементы А, В и С принадлежат к тому же периоду периодической системы химических элементов, что и самый распространенный в земной коре элемент. Формальная положительная и отрицательная степени окисления элемента А имеют одинаковую величину. Элемент В – неметалл и образует с элементом А соединение, в котором на один атом элемента А приходится два атома элемента В. Элемент С образует с элементом В соединение ВС. О каких элементах идет речь? Напишите формулу соединения, в которое входят все три элемента, предскажите его растворимость в воде и напишите уравнения двух – трех реакций, в которые оно вступает.

2. Некоторое вещество, обладающее металлическим блеском и плавящееся при легком нагревании, окрашивает пламя в малиновый цвет. 5,75 г этого вещества при осторожном растворении в воде выделили 2,8 л газа (н. у.). Что представляет собой неизвестное вещество? Какое количество и какого осадка может выпасть при добавлении к образовавшемуся раствору при кипячении избытка раствора медного купороса?

3. В пять пробирок налиты разбавленные растворы хлорида железа (III), хлорида аммония, нитрата меди (II), сульфата железа (II), хлорида алюминия. Как с помощью одного химического реактива определить эти вещества?

4. Навеску оксида металла массой 2,32 г обработали раствором соляной кислоты. Полученный осадок отфильтровали, растворили в аммиаке, к раствору добавили избыток глюкозы и прокипятили. Выделившийся металл отфильтровали, высушили и взвесили; его масса оказалась равной 2,16 г. Определите металл и напишите уравнения описанных реакций.

5. Определите массу раствора гидроксида натрия ($\omega(\text{NaOH}) = 40 \%$), необходимую для нейтрализации раствора, в котором содержится 1 моль ортофосфорной кислоты, 3 моль уксусной, 2 моль соляной и 1 моль серной.

6. Приведите пример соли, при взаимодействии которой с соляной кислотой, образуется осадок гидроксида металла. Запишите уравнения соответствующих реакций.

7. Предложите способ разделения смеси фенола, анилина, уксусной кислоты и нитробензола. Напишите уравнения реакций.

8. Для нейтрализации 10 г спиртового раствора смеси анилина и фенола потребовалось 49,02 мл 2,24 %-ного раствора едкого кали ($\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$), а при добавлении к 5 г того же раствора избытка бромной воды получено 8,25 г осадка. Найдите концентрацию анилина и фенола в исходном растворе (в процентах по массе).

9. Напишите структурные формулы всех соединений, имеющих состав $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$. Какие из них, по вашему мнению, не могут существовать?

10. Смесь трех газов с плотностью по водороду 15,7 пропустили через раствор серной кислоты, при этом ее объем уменьшился на 20 %, а плотность стала 17,5. Полученную смесь пропустили через раствор гидроксида натрия, при этом ее объем уменьшился на 25 %, а плотность оставшегося газа стала равной 16. Определите качественный и количественный составы исходной смеси.

Вариант 2

1. Три элемента А, В, С находятся в одном ряду периодической системы и образуют соединения A_2B и AC , которые при взаимодействии с соляной кислотой дают

газообразные вещества, одно из которых самовоспламеняется, а другое может гореть на воздухе. Соединение А с хлором растворимо в воде, причем его раствор обладает слегка кислой реакцией; соединение В с хлором бурно реагирует с водой, а С образует с хлором несколько соединений, обладающих неприятным запахом. Какие это элементы? Как получают и где применяют их оксиды?

2. Образец сплава двух металлов массой 10,65 г при обработке 800 мл 3 моль/л раствора едкого натра образует 2,24 л водорода и черный порошок, самовоспламеняющийся на воздухе и являющийся активным катализатором гидрирования олефинов. То же количество сплава полностью растворяется в избытке соляной кислоты с выделением 5,6 л водорода (для газов условия нормальные). Из каких металлов состоит сплав?

3. Каким образом, имея только воду, можно различить следующие твердые вещества: сульфат бария, сульфат натрия, сульфат меди, сульфат алюминия, гидроксид натрия? Опишите, по каким признакам и в какой последовательности вы будете определять вещества. Напишите уравнения реакций.

4. Навеску соли массой 19,73 г прокалили. Выделившийся бесцветный газ полностью поглотили раствором щелочи, а остаток растворили в соляной кислоте. Из половины раствора выделили 10,41 г соли, а при добавлении серной кислоты к оставшемуся раствору получили белый осадок массой 11,67 г. Определите формулу соли и напишите уравнения происшедших реакций.

5. При сплавлении со щелочью смеси металла с его оксидом массой 8,57 г выделилось 2,24 л водорода (н. у.). Сплав растворили в воде, к раствору добавили соляную кислоту до нейтральной реакции среды. Выпавший осадок отфильтровали и растворили в азотной кислоте; после выпаривания этого раствора досуха из него выделили соль массой 23,66 г. Определите качественный и количественный составы смеси и напишите уравнения описанных реакций.

6. Можно ли приготовить путем осаждения из раствора сульфид алюминия? Ответ поясните уравнениями соответствующих реакций.

7. В цилиндре имеется смесь газов: бутана, бутадиена, ацетилен и аммиака. Какими реагентами надо подействовать на эту смесь, чтобы последовательно удалить один газ за другим? Напишите уравнения возможных химических реакций.

8. Для нейтрализации 125 г свежеприготовленной смеси этилового спирта с уксусной кислотой в гексане потребовалось 76,92 мл 5 %-ного раствора едкого натра ($\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$), а при действии на то же количество раствора избытка натрия выделилось 3,36 л газа (условия нормальные). Определите содержание (в процентах по массе) этилового спирта в исходном растворе.

9. В природе встречаются вещества, имеющие состав $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_6\text{Ca}$ и $\text{CH}_2\text{O}_5\text{Cu}_2$. Напишите их структурные формулы и расскажите об этих соединениях.

10. Определите объемную долю (%) водорода, кислорода и азота в смеси, если известно, что 89,6 л (н. у.) имеют массу 49 г, а после поджигания этой массы смеси и удаления паров воды объем остатка составил 56,0 л (н. у.).

Вариант 3

1. Элементы А, В и С находятся соответственно в I, II и III периодах периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Они взаимодействуют друг с другом, образуя соединения AC , A_2B и B_2C_2 . Соединения AC и B_2C_2 реагируют с A_2B , образуя щелочной раствор и два газа, реакция между которыми происходит при пропускании электрического разряда и приводит к одному из исходных соединений. Укажите, какие это элементы, напишите уравнения реакций.

2. Смесь двух металлов, находящихся в двух различных группах периодической системы, полностью реагирует при нагревании с 56 см^3 водорода (н. у.) и дает смесь двух ионных соединений. При растворении этой смеси в 270 мг воды происходит количественная реакция, в которой расходуется $\frac{1}{3}$ количества воды. В результате реакции получается щелочной раствор $30,77\%$ -ной концентрации и отделяется в виде осадка только одно твердое вещество, масса которого равна $58,2\%$ от массы веществ, образовавшихся при второй реакции. Это полученное твердое вещество при обжиге теряет 27 мг своей массы. Если смесь, полученную при действии воды, обработать стехиометрическим количеством карбоната аммония, то концентрация растворенного вещества составит 34% , а если провести ту же реакцию с щелочным раствором, не содержащим осадка, то концентрация растворенного вещества будет 38% (предполагается, что образующиеся осадки и газы полностью удаляются из растворов). Определите массу и состав исходной смеси металлов.

3. В пронумерованных пробирках (1–5) находятся водные растворы Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и CaCl_2 . Определите, какие вещества находятся в пронумерованных пробирках, если при попарном сливании растворов было установлено следующее: 1) раствор 2 дает белые осадки с растворами 1, 3 и медленно – с 4; 2) раствор 5 дает белые осадки с растворами 1, 3 и 4; 3) раствор 3 медленно дает осадок с раствором 4; 4) раствор 1 не образует осадков с растворами 3 и 4.

4. Для анализа железной руды, содержащей FeO и Fe_2O_3 , два образца массой $0,1000 \text{ г}$ растворили в соляной кислоте. Растворы обработали хлоридом олова (II), избыток которого удалили хлоридом ртути (II). В первом растворе на окисление ионов Fe^{2+} израсходовали $12,50 \text{ мл}$ раствора перманганата калия, содержащего $3,1600 \text{ г}$ KMnO_4 в 1 л раствора, во втором – также $12,50 \text{ мл}$ раствора дихромата калия, содержащего $4,9023 \text{ г}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в 1 л раствора. Напишите уравнения проведенных реакций и вычислите массовую долю (%) железа в руде.

5. Смесь некоторого металла, степень окисления которого во всех его соединениях равна $+2$, с его оксидом массой $0,3 \text{ г}$ полностью растворили в 8 мл 1 моль/л соляной кислоты. При этом выделилось $36,4 \text{ мл}$ водорода (н. у.). Вычислите массовую долю металла и оксида (%) и назовите исследуемый металл.

6. Можно ли приготовить путем осаждения из раствора карбонат железа (III)? Ответ поясните уравнениями соответствующих реакций.

7. Имеется смесь уксусного альдегида, уксусной кислоты и бензола. Как обнаружить наличие каждого из этих веществ в данной смеси? Напишите уравнения реакций.

8. При взаимодействии 25 мл бензольного раствора $3,66 \text{ г}$ свежеприготовленной смеси фенола, этилового спирта и уксусной кислоты неизвестного состава с избытком металлического натрия выделилось 672 мл газа (н. у.). Для полной нейтрализации того же количества смеси необходимо $18,18 \text{ мл}$ 8% -ного раствора едкого натра (плотность равно $1,1 \text{ г/см}^3$), а добавление бромной воды к полученному при нейтрализации раствору приводит к выделению $3,31 \text{ г}$ осадка. Найдите концентрацию каждого из растворенных веществ (в моль/л) в исходном бензольном растворе.

9. Напишите структурные формулы всех изомеров, имеющих состав $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. К каким классам они будут относиться? Предскажите важнейшие реакции этих изомеров.

10. В сосуде, полностью заполненном бутаном, проводят дегидрирование, в результате чего получают смесь бутана, водорода, бутенов и бутадиена. Равновесие устанавливается при степени дегидрирования – $0,1$; причем отношение парциальных (относительных) давлений газообразных бутенов и дивинила равно 3 . Определите, какое количество бутана было введено в реакцию, если известно, что давление в герметически закрытом сосуде объемом 20 л оказалось равным $253,2 \text{ кПа}$ и весь процесс проводили при температуре $400 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вариант 4

1. Некоторый элемент X образует более 10 кислот, в том числе кислоты А, В и С. Вещества А и В при совместном нагревании ниже 150 °С образуют как свободный элемент X в виде простого вещества, так и ангидрид кислоты С, а при более высокой температуре дают только ангидрид кислоты С и воду. Какой это элемент? Реагируют ли между собой вещества А и С? Где применяются названные вещества?

2. Образец смеси двух твердых простых веществ массой 1,52 г обработан избытком 10 %-ной соляной кислоты, при этом было получено 0,896 л газа и осталось 0,56 г остатка, нерастворимого в избытке кислоты. Во втором опыте 1,52 г той же смеси обработали избытком 10 %-ного раствора едкого натра, при этом выделилось также 0,896 л газа и осталось 0,96 г вещества, нерастворимого в избытке раствора щелочи. В третьем опыте такое же количество исходной смеси прокалили без доступа воздуха при высокой температуре и получили индивидуальное вещество, которое полностью растворяется в соляной кислоте с выделением 0,448 л некоторого газа. Введение всего полученного газа А в однолитровый герметический сосуд, наполненный кислородом, привело к понижению давления внутри сосуда примерно в 10 раз. Напишите уравнения всех описанных реакций и докажите их расчетом. (Условия для газов считать нормальными, атомные массы округлять до целочисленных значений).

3. Химик получил образцы трех металлов серебристо-белого цвета и нашел способ, как их быстро различить. Для этого он подверг образцы действию кислот и раствора гидроксида натрия. Результаты его исследования представлены ниже («+» – реакция идет; «-» – металл не реагирует).

Реактив	HCl (конц.)	HNO ₃ (конц.)	NaOH
Металл I	-	+	-
Металл II	+	-	+
Металл III	+	+	+

Определите, какие металлы были исследованы, и напишите уравнения реакций.

4. Получены одинаковые результаты анализа руды. Сырьем для получения серной кислоты являются руды, содержащие пирит FeS₂. Для анализа руды на содержание серы были проведены следующие операции. Навеску руды массой 0,5 г спекли с карбонатом натрия и перманганатом калия. Спек обработали раствором соляной кислоты, отфильтровали от осадка и осаждали раствором хлорида бария. После нескольких часов выстаивания осадок отфильтровали, промыли водой, высушили, прокалили до постоянной массы и взвесили. Напишите реакции, которые происходили по ходу анализа. Вычислите массовую долю (%) серы в руде, если масса полученного осадка сульфата бария составила 1,3590 г.

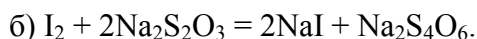
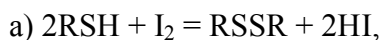
5. Смесь иодида и хлорида калия массой 2,0 г растворили в воде. Через раствор пропустили хлор (в избытке), а остаток прокалили после предварительного выпаривания раствора. Масса полученного таким путем вещества составила 1,634 г. Рассчитайте состав смеси.

6. Напишите основные уравнения реакций, происходящих при производстве карбоната натрия аммиачным методом (метод Сольве), а также в процессе регенерации исходных веществ. Можно ли аналогичным способом получать карбонат калия (поташ)?

7. Напишите схему реакций, с помощью которых можно однозначно доказать строение этилового эфира β-хлормасляной кислоты. Как можно получить это соединение из этилового спирта? Напишите уравнения реакций.

8. Добавлением к природному газу небольших количеств (0,001 % по объему) изоамилмеркаптана C₅H₁₁SH пользуются для обнаружения утечки газа в жилых

помещениях. Определите, к какому объему природного газа был добавлен меркаптан, если известно, что такая же навеска меркаптана была прибавлена к 50 мл 0,01 моль/л раствора йода в растворе йодида калия, в результате чего образовался дисульфид $C_3H_{11}SSC_3H_{11}$, а на титрование избыточного количества йода потребовалось 30 мл 0,01 моль/л раствора тиосульфата натрия. Уравнения реакций:



9. В соединении $C_4H_4Cl_4$ все атомы хлора структурно эквивалентны. Как это понять? Напишите возможные структуры изомеров соединений такого состава.

10. В замкнутом сосуде со свободным от твердых веществ объемом 1 л, наполненного активированным углем, находится ацетилен (условия в пересчете на нормальные). Сосуд нагрет до 300 °С, выдержан некоторое время при этой температуре, а затем охлажден до 0 °С. Давление в сосуде при этом понизилось в пять раз. Полученный при реакции продукт А может реагировать с бромом в присутствии соли железа. Газ, выделившийся при этом, вступает в реакцию с 200 мл 0,04 моль/л баритовой воды. Определите выход вещества А в процентах от теоретически возможного, если считать, что при этом в реакции с бромом образуется только одно органическое соединение, которое имеет плотность паров по гелию, примерно равную 40.

ЗАДАНИЕ 3

Задание включает следующие разделы химии: реакции в растворах, химическое равновесие, простейшие термохимические расчеты, связь между классами органических и неорганических соединений, структурные формулы и пространственное строение веществ.

Примеры решения задач

Пример 1.

При взаимодействии 100 мл раствора неизвестной соли с раствором нитрата серебра выпадает 2,87 г белого осадка, а при действии на то же количество раствора сульфата калия получено 2,33 г белого осадка. Определите состав и концентрацию исходного раствора соли, если известно, что в обоих случаях для полного осаждения потребовалось по 200 мл 0,1 моль/л раствора осадителя.

Дано:

$$V(AB) = 100 \text{ мл}$$

$$m(\text{осадка})_1 = 2,87 \text{ г}$$

$$m(\text{осадка})_2 = 2,33 \text{ г}$$

$$V(\text{осадителя}) = 200 \text{ мл}$$

$$C(\text{осадителя}) = 0,1 \text{ н}$$

Найти:

$$AB, C(AB)$$

Решение:

Нормальным называется раствор, в 1 л которого содержится 1 моль эквивалентов растворенного вещества. Эквивалентом называется такая формульная единица (часть атома, молекулы, иона), которая соединяется с одним атомом водорода, замещает его или

равновесная ему. Например, эквивалент H_2S равен $\frac{1}{2}$, а молярная масса эквивалента H_2S составляет 17 г/моль.

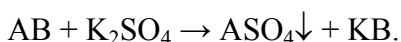
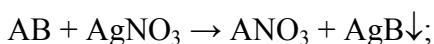
Число молей эквивалентов растворенного вещества, содержащееся в 1 л раствора, называют нормальной концентрацией раствора.

Определим количества осадителей в обоих случаях:

$$n(\text{AgNO}_3) = \frac{f \cdot C_n(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)}{1000} = \frac{1 \cdot 0,1 \cdot 200}{1000} = 0,02 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{f \cdot C_n(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{K}_2\text{SO}_4)}{1000} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 200}{1000} = 0,01 \text{ (моль)}.$$

Запишем схемы протекающих реакций:



Определим молярные массы полученных осадков, исходя из предположения, что

$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{AgB}) \text{ и } n(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{ASO}_4):$$

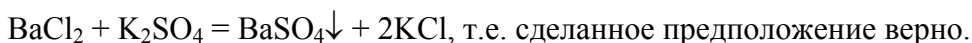
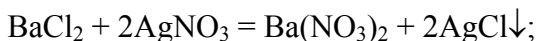
$$M(\text{AgB}) = \frac{m(\text{осадка})_1}{n(\text{AB})} = \frac{2,87}{0,02} = 143,5 \text{ (г/моль)};$$

$$M(\text{ASO}_4) = \frac{m(\text{осадка})_2}{n(\text{ASO}_4)} = \frac{2,33}{0,01} = 233 \text{ (г/моль)}.$$

Определим $M(\text{B})$ и $M(\text{A})$: $M(\text{B}) = M(\text{AgB}) - M(\text{Ag}) = 143,5 - 108 = 35,5 \text{ (г/моль)}$. Это атомная масса хлора, следовательно $\text{B} - \text{Cl}$;

$M(\text{A}) = M(\text{ASO}_4) - M(\text{S}) - 4 \cdot M(\text{O}) = 233 - 32 - 4 \cdot 16 = 137 \text{ г/моль}$. Это атомная масса бария, следовательно $\text{A} - \text{Ba}$.

Искомое соединение – хлорид бария BaCl_2 . Запишем уравнения протекающих реакций:



Определим концентрацию исходного раствора:

$$C = \frac{n \cdot 1000}{V} = \frac{0,01 \cdot 1000}{100} = 0,1 \text{ моль/л.}$$

Ответ: BaCl_2 ; $C = 0,1 \text{ моль/л}$.

Пример 2.

Металл А при слабом нагревании реагирует с газом В, образуя соединение АВ. Как А, так и АВ энергично реагирует с водой, причем в обоих случаях образуются одни и те же продукты. Металл А можно получить электролизом его расплавленного хлорида, причем 3,86 А·ч электрического тока выделяют 1 г металла А. Найдите А и В и напишите уравнения соответствующих реакций.

Дано:

$$m(\text{A}) = 1 \text{ г}$$

$$I = 3,86 \text{ А}$$

$$\tau = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$$

Найти:

А и В.

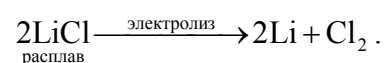
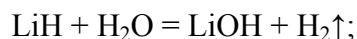
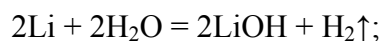
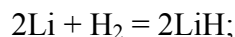
Решение:

Воспользуемся законом Фарадея $m = \frac{M}{nF} It$ для определения молярной массы металла одновалентного металла (F – постоянная Фарадея, равная 96500 Кл/моль, n – число электронов, участвующих в электродной реакции):

$$M = \frac{m n F}{It} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 96500}{3,86 \cdot 3600} = 6,94 \text{ г/моль.}$$

Это атомная масса лития, следовательно, металл А – Li.

Предположим, что В – это водород. Запишем уравнения соответствующих реакций:



Сделанное предположение верно, т.к. написанные уравнения реакций удовлетворяют условию задачи.

Ответ: А – Li; В – H₂.

Пример 3.

При сжигании 23 г газообразного вещества, плотность которого при 0 °С и давлении 1 атм (101,3 кПа) равна 2,05 г/л, получается 44 г CO₂ и 27 г H₂O. Какова структурная формула этого соединения?

Дано:

$$m = 23 \text{ г}$$

$$t = 0 \text{ °С}$$

$$p = 1 \text{ атм} = 101,3 \text{ кПа}$$

$$\rho = 2,05 \text{ г/л}$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 27 \text{ г}$$

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

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

Найти:

структурную формулу вещества

Решение:

Определим объем газообразного вещества:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{23}{2,05} = 11,22 \text{ (л)}.$$

Определим количество этого вещества; т.к. объем определен при нормальных условиях, что следует из условия задачи, то

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{11,22}{22,4} = 0,5 \text{ (моль)}.$$

Молярная масса этого вещества равна $M = \frac{m}{n} = \frac{23}{0,5} = 46$ г/моль.

Определим количества воды и углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{44}{44} = 1 \text{ (моль);}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{27}{18} = 1,5 \text{ (моль).}$$

$$\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3}, \text{ отсюда следует, что число атомов углерода в газообразном}$$

соединении равно 2, а число атомов водорода – 6.

Рассчитаем молярную массу соединения C_2H_6 : $M(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 30$ г/моль – это не соответствует молярной массе газа, рассчитанной из данных задачи (46 г/моль), следовательно, в состав соединения входит еще элемент. Определим молярную массу этого элемента:

$$M(\text{Э}) = M - M(\text{C}_2\text{H}_6) = 46 - 30 = 16 \text{ г/моль, т. е. этот элемент – кислород.}$$

Искомая формула $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, структурная – $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$ – диметилловый эфир.

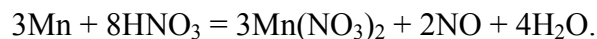
Ответ: $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$.

Пример 4.

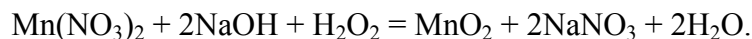
Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $\text{Mn} \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{MnO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 \rightarrow \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2$.

Решение:

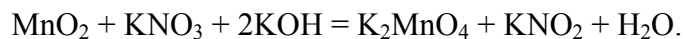
1. Взаимодействие марганца с разбавленной азотной кислотой:



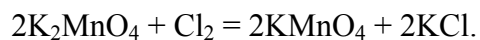
2. Взаимодействие нитрата марганца с пероксидом водорода в щелочной среде:



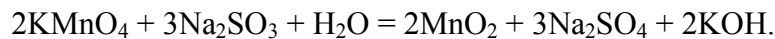
3. Сплавление оксида марганца (IV) с нитратом калия и гидроксидом калия:



4. Взаимодействие манганата калия с газообразным хлором:



5. Взаимодействие перманганата калия с сульфитом натрия в нейтральной среде:



Пример 5.

При сжигании органического вещества, состоящего только из углерода и водорода, получилось 3,08 мг углекислого газа и 1,44 мг воды. Найдите простейшую формулу вещества.

Дано:

$$m(\text{CO}_2) = 3,08 \text{ мг}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1,44 \text{ мг}$$

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

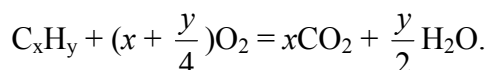
$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

Найти:



Решение:

Запишем уравнение реакции горения:



Рассчитаем количества вещества углекислого газа и воды, получившиеся в ходе реакции:

$$n(CO_2) = \frac{m}{M} = \frac{3,08 \cdot 10^{-3}}{44} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ (моль);}$$

$$n(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{1,44 \cdot 10^{-3}}{18} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ (моль).}$$

Определим отношение количества вещества углекислого газа и воды:

$$\frac{n(CO_2)}{n(H_2O)} = \frac{2x}{y} = \frac{7 \cdot 10^{-5}}{8 \cdot 10^{-5}} = \frac{7}{8}, \text{ т.е. } \frac{x}{y} = \frac{7}{16}, \text{ следовательно, простейшая формула}$$

вещества C_7H_{16} .

Ответ: C_7H_{16} .

Пример 6.

Вычислите равновесные концентрации и константу равновесия для протекающей в газовой фазе реакции $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$, если известно, что при данных условиях исходные концентрации $C_{H_2}^0$ и $C_{I_2}^0$ составляли 0,02 моль/л, а равновесная концентрация HI равна 0,03 моль/л.

Дано:

$$C_{H_2}^0 = C_{I_2}^0 = 0,02 \text{ моль/л}$$

$$[HI] = 0,03 \text{ моль/л}$$

Найти:

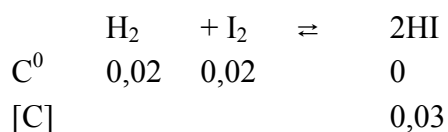
$$[H_2]$$

$$[I_2]$$

$$K_C$$

Решение:

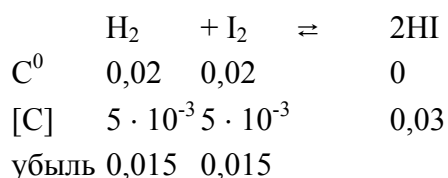
Запишем уравнение реакции и исходные данные:



Если в результате реакции образовалось 0,03 моль йодоводорода, то израсходовалось 0,015 моль водорода и йода ($0,03 : 2$), тогда в момент достижения равновесия концентрация водорода и йода составила:

$$[H_2] = [I_2] = 0,02 - 0,015 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л).}$$

Запишем полученные данные:



Рассчитаем константу равновесия процесса:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{0,03^2}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 36$$

Ответ: $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 5 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $K_c = 36$.

Пример 7.

При сгорании 1 моля метана выделяется 892 кДж теплоты. Какую массу оксида ртути можно разложить, используя эту теплоту на 50 %? Известно, что при образовании 1 моля оксида ртути из кислорода и ртути выделяется 90,3 кДж.

Дано:

$$Q_1 = 892 \text{ кДж/моль}$$

$$\eta = 50 \%$$

$$Q_2 = 90,3 \text{ кДж/моль}$$

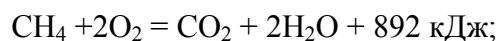
$$M(\text{HgO}) = 216,59 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$m(\text{HgO})$$

Решение:

Запишем реакции сгорания метана:



и образования оксида ртути:



Рассчитаем количество оксида ртути, которое можно разложить с учетом 50 % использования теплоты первой реакции:

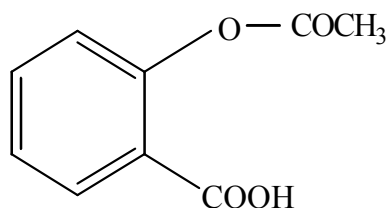
$$n(\text{HgO}) = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot \frac{\eta}{100} = \frac{892 \cdot 50}{90,3 \cdot 100} = 4,94 \text{ (моль)}.$$

$$\text{Тогда } m(\text{HgO}) = n \cdot M = 4,94 \cdot 216,59 = 1070 \text{ (г)}.$$

Ответ: $m(\text{HgO}) = 1070 \text{ г}$.

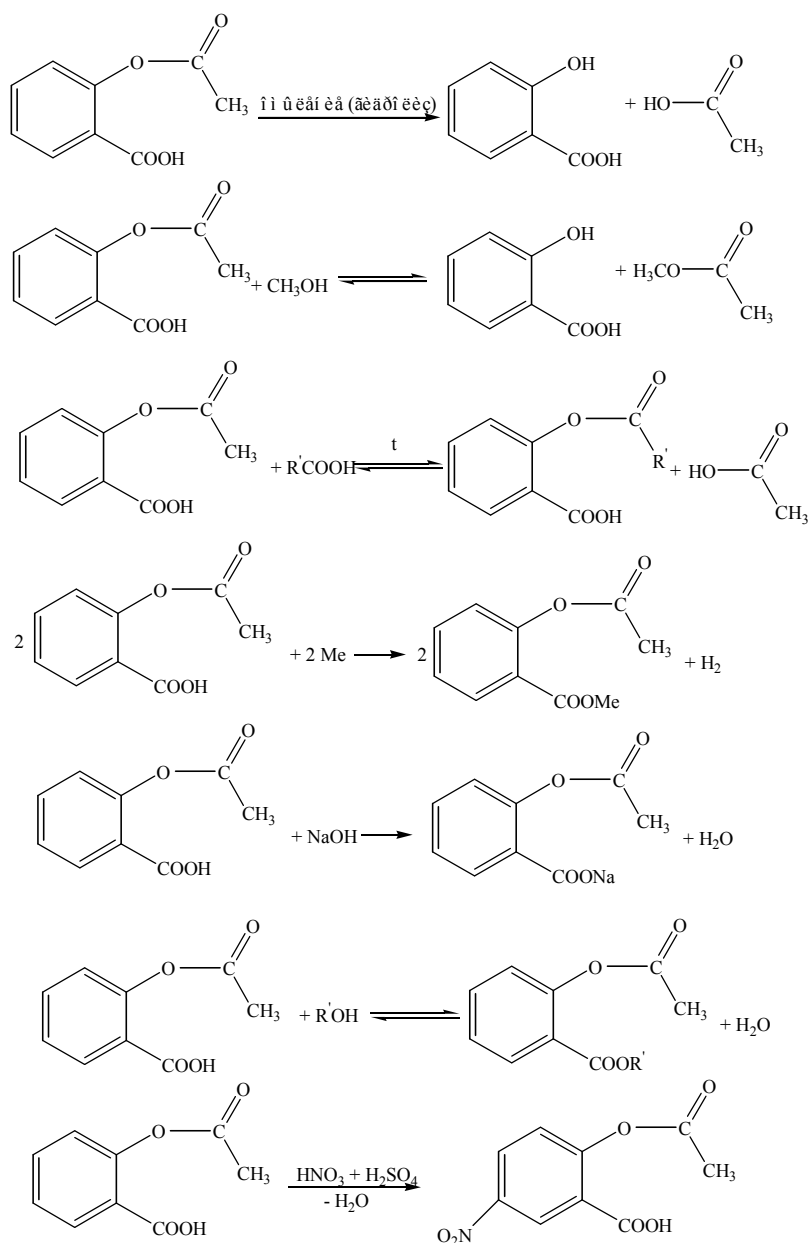
Пример 8.

Какие химические свойства можно ожидать у известного лекарственного вещества – ацетилсалициловой кислоты (аспирина), имеющей формулу

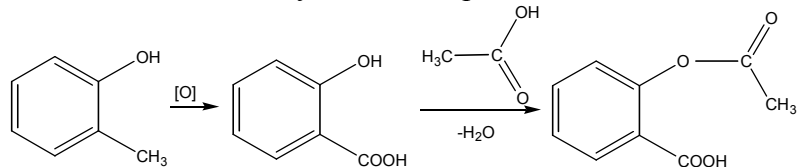


Напишите уравнения реакций, в которые вступает это соединение. Как можно получить это вещество?

Решение:



Вещество можно получить из *o*-крезола:



Пример 9.

Расположите по увеличению подвижности атома водорода в функциональной группе следующие соединения: масляный альдегид, масляную кислоту, бутиловый спирт. Сравните подвижность водорода в этих соединениях с подвижностью водорода в бутане и бутинах.

Решение:

1	масляный альдегид	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{H}$
2	масляная кислота	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O} - \text{H}$
3	бутиловый спирт	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{H}$
4	бутан	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
5	бутин	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \equiv \text{CH}$

Из приведенных формул соединений видно, что подвижность атома водорода в функциональной группе возрастает в соединениях в следующем порядке: бутиловый спирт – масляный альдегид – масляная кислота.

В кислородсодержащих соединениях подвижность водорода выше, чем в бутане и бутинах, при чем для бутинов характерны реакции присоединения по тройной связи.

Пример 10.

Напишите структурные формулы всех изомеров, углеводородов, имеющих состав C_4H_8 . К каким классам они будут относиться? Предскажите важнейшие реакции этих изомеров.

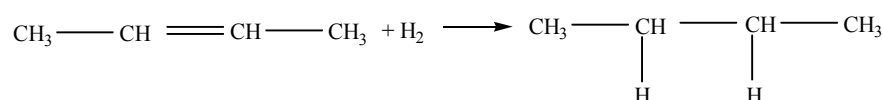
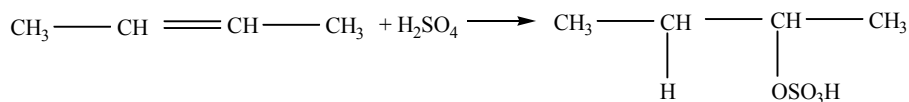
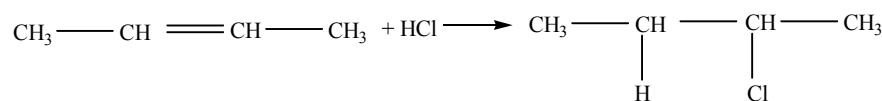
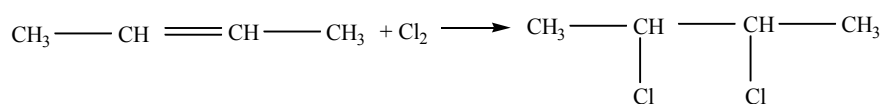
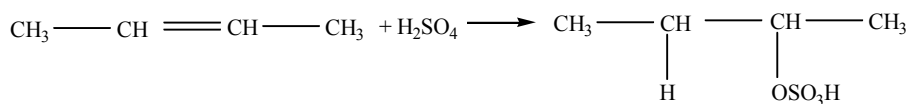
Решение:

1	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$	бутен – 1
2	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	цис-бутен – 2
3	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	транс-бутен – 2
4	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилпропен – 1
5	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$	циклобутан
6	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \end{array}$	метилциклопропан

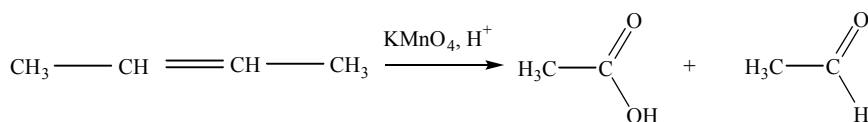
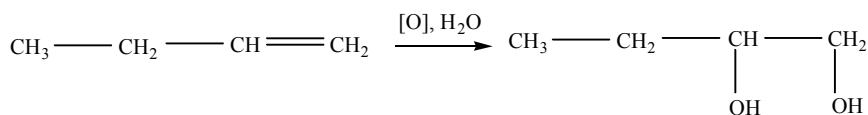
Приведенные изомеры относятся к классу углеводороды: из них первые четыре – это непредельные углеводороды с двойной связью и последние два – это предельные углеводороды с замкнутой (циклической) цепью.

Для непредельных углеводородов характерны следующие реакции:

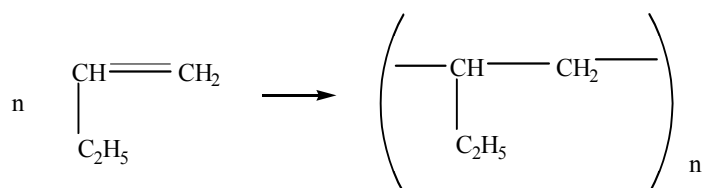
1. присоединения



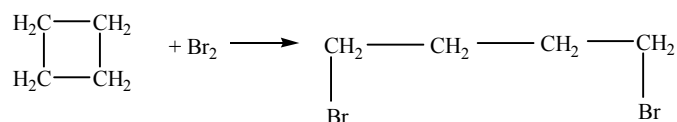
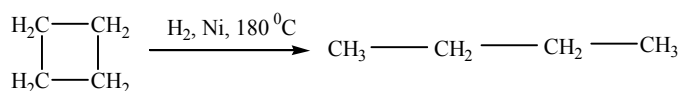
2. окисления



3. полимеризации



Циклоалканы по химическим свойствам близки к алканам: горючи, химически малоактивны, атомы водорода замещаются галогенами.



Задачи для самостоятельного решения

Вариант 1

1. При добавлении к раствору нитрата серебра раствора неизвестной соли калия выпал белый творожистый осадок массой 13,4 г. При его прокаливании выделилось 1,12 л (н. у.) ядовитого газа и 10,8 г серебра. О какой соли калия идет речь? Напишите уравнения происходящих реакций.

2. Электролизу подвергнуто соединение MX металла I группы периодической системы химических элементов. При пропускании электрического тока силой 5 А в течение 10,7 ч на аноде выделяется 2 г газа. Какой это газ? Какими свойствами обладает соединение MX ? Приведите три уравнения его реакций.

3. В кварцевом сосуде объемом 5,0 л (н. у.) находилась смесь водорода и хлора. В течение некоторого времени смесь облучали рассеянным светом, а затем проанализировали на содержание хлороводорода и хлора. В полученной смеси объемная доля хлороводорода составила 25 %, а объемная доля непрореагировавшего хлора – 20 % от исходного количества. Каковы объемные доли (%) компонентов в исходной и конечной смеси?

4. При сжигании 1,64 г некоторого органического вещества А в избытке кислорода было получено 1,12 л углекислого газа, 1,36 мл воды (н. у.) и в трубке для сжигания осталось 1,06 г несгораемого остатка, представляющего собой карбонат натрия. Каким строением может обладать соединение А и как будут окрашены известные вам индикаторы в его водном растворе? Ответ поясните необходимыми уравнениями реакций.

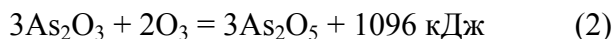
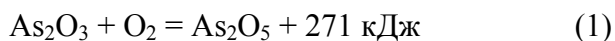
5. Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$.

6. Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $\text{Al} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{AlO}(\text{OH}) \rightarrow \text{NaAlO}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3$.

7. При сжигании 4,2 г вещества было получено 13,2 г углекислого газа и 6,4 мл воды. Плотность паров этого вещества по воздуху при одинаковых условиях равна 2,9. Определите молекулярную формулу неизвестного вещества.

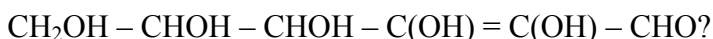
8. Вычислите константу равновесия системы $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$, если в состоянии равновесия концентрация аммиака составляет 0,4 моль/л, азота 0,03 моль/л, а водорода 0,1 моль/л.

9. Исходя из тепловых эффектов реакций окисления оксида мышьяка As_2O_3 кислородом и озоном:



вычислите тепловой эффект реакции образования озона из кислорода.

10. Какими химическими свойствами должен обладать витамин, имеющий следующую структурную формулу:



Напишите уравнения (схемы) его реакций.

11. Как можно объяснить увеличение кислотных свойств фенолов и ослабление основных свойств ароматических аминов по сравнению со спиртами и аминами жирного ряда?

12. Изобразите структурные формулы изомерных соединений состава C_5H_{10} . Сгруппируйте их по отношению к бромной воде. Напишите уравнения протекающих при этом реакций.

Вариант 2

1. Если на раствор некоторого сульфата действовать избытком раствора галогенида калия, образуется осадок, имеющий массу в 1,2 раза больше, чем исходный сульфат (в расчете на безводную соль). А если тот же сульфат обработать щелочью, то полученный осадок после его отделения и слабого прокаливании будет иметь массу в два раза меньше, чем исходная безводная соль. Определите, о каком сульфате и о каком галогениде идет речь. Напишите уравнения происходящих реакций.

2. При электролизе водного раствора сульфата кобальта (II) на катоде выделяется металл. Если же соль растворить до насыщения в 40 %-ной серной кислоте, то при электролизе выделения металла не происходит, зато у анода при охлаждении до 0 °С выпадают в осадок кристаллы зеленовато-синего цвета, содержащие 16,2 % кобальта (по массе). Определите химическую формулу этих кристаллов и опишите процесс электролиза в нейтральной и сильнокислой среде (на инертных электродах).

3. Смесь двух газов подвергли воздействию электрической дуги. После охлаждения полученную смесь пропустили через раствор гидроксида натрия, при этом ее объем уменьшился на 30 % по сравнению с исходным. Оставшаяся смесь имела плотность по водороду 15,43. Определите качественный и количественный составы смеси.

4. Для установления формулы газообразного углеводорода 5 мл его были смешаны с 12 мл кислорода и смесь была взорвана в эвдиометре. После приведения газовой смеси к нормальным условиям получилось 7 мл газа, а после пропускания этого газа через раствор щелочи его объем уменьшился до 2 мл, причем оставшийся газ поддерживал горение. Найдите формулу исходного углеводорода.

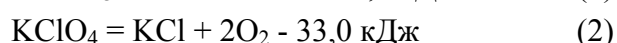
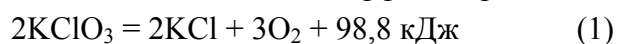
5. Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$.

6. Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S}$.

7. При сгорании 1,76 г органического вещества образовалось 3,52 г диоксида углерода и 1,44 мл воды. Плотность паров этого вещества по воздуху (в одинаковых условиях) равна 1,52. Определите молекулярную формулу неизвестного вещества. Составьте возможные структурные формулы веществ, отвечающих этому составу, и дайте названия возможным изомерам.

8. При температуре 625 К протекает реакция $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$. Равновесные концентрации: $[\text{Cl}_2] = 0,3$ моль/л; $[\text{CO}] = 0,2$ моль/л и $[\text{COCl}_2] = 1,2$ моль/л. Вычислите константу равновесия и начальные концентрации хлора и оксида углерода (II).

9. Исходя из тепловых эффектов реакций



вычислите тепловой эффект реакции $4\text{KClO}_3 = 3\text{KClO}_4 + \text{KCl}$.

10. Какими химическими свойствами должно обладать соединение, строение которого отвечает формуле $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{OH}$? Напишите пять из возможных для этого вещества уравнений.

11. Какая из кислот более сильная – хлоруксусная или хлормасляная? Почему? В чем это проявляется?

12. При действии брома на неизвестный углеводород было выделено только одно единственное галогенопроизводное, плотность паров которого в 5,207 раза больше плотности воздуха при одинаковых условиях. Определите структурную формулу исследованного углеводорода.

Вариант 3

1. 50 г 13,6 %-ного раствора неизвестной соли разделено на две равные части. Первая половина раствора обработана избытком раствора щелочи. При этом после обработки исходного раствора избытком раствора хлорида бария было получено 2,87 г осадка, практически нерастворимого в соляной кислоте. Определите, какая соль содержалась в исходном растворе, и предложите способ ее получения из металла. Составьте уравнения упомянутых в задаче реакций.

2. Электролиз 100 г водного раствора вещества D ($\omega(D) = 16\%$) приводит к выделению двух газов – A_2 и B_2 . Известно, что вещество имеет формулу A_xB_yC и молекулярную массу 40, элементы C и B могут образовывать соединение типа C_2B_2 с молекулярной массой 78, а элементы C и A образуют соединение типа CA. Напишите формулы всех неизвестных веществ. Определите концентрацию раствора после электролиза, если известно, что газа A_2 выделилось 2 моль, а газа B_2 – 1 моль, после чего электролиз прекратили.

3. Смесь некоторого газа с кислородом имеет плотность по кислороду 1,15. При пропускании 224 мл (н. у.) этой смеси через насыщенный раствор оксида бария в воде образуется 0,788 г осадка. Определите качественный и количественный составы смеси.

4. К 10 мл неизвестного газообразного углеводорода добавили 70 мл кислорода и смесь подожгли электрической искрой. После окончания реакции и конденсации образующегося водяного пара объем газа составил 65 мл. После встряхивания этой смеси с раствором щелочи объем уменьшился до 25 мл. Установите формулу углеводорода на основании приведенных данных, если объемы газов измерены при одинаковых условиях.

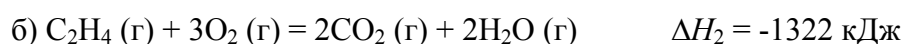
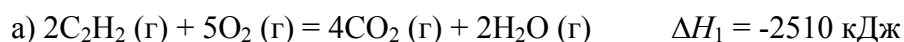
5. Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow KCrO_2 \rightarrow CrO(OH) \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3$.

6. Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $SO_2 \rightarrow S \rightarrow H_2S \rightarrow Na_2S \rightarrow SO_2$.

7. При полном сгорании 1,30 г вещества было получено 4,40 г оксида углерода и 0,90 г воды. Плотность паров этого вещества по водороду равна 39. Установите молекулярную формулу этого вещества и напишите уравнения реакций, при которых образуется это вещество, указав условия их проведения.

8. При некоторой температуре равновесные концентрации в системе $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ составляли соответственно $[SO_2] = 0,04$ моль/л, $[O_2] = 0,06$ моль/л, $[SO_3] = 0,02$ моль/л. Вычислите константу равновесия и исходные концентрации оксида серы (IV) и кислорода.

9. Даны следующие термохимические уравнения:



Вычислите тепловой эффект реакции гидрирования ацетиленов с образованием этилена.

10. Напишите структурные формулы этиленовых углеводородов, при присоединении к которым хлороводорода получаются: а) 2-хлор-2,4,4-триметилгексан; б) 5-хлор-2,3,5-триметил-3-этилгептан.

11. Напишите уравнения реакций сульфирования фенола, нитробензола и хлорбензола. Какие из этих соединений будут сульфироваться легче и почему?

12. Напишите структурные формулы циклических углеводородов состава C_6H_6 . Может ли существовать углеводород такого состава, не имеющий кратных связей?

Вариант 4

1. Раствор, содержащий 22,8 г некоторой соли, разделен на две равные части. Одну половину прибавили к избытку раствора карбоната натрия, вторую – к раствору хлорида бария в кислой среде. После отделения и высушивания первый осадок имел массу 5,2 г, а второй – 23,3 г. Какая соль находилась в растворе? Приведите уравнения описанных выше реакций и подтвердите их расчетом.

2. 20 г сульфата калия растворены в 150 г воды. Полученный раствор подвергнут электролизу. После окончания электролиза концентрация составляет 15 %. Сколько литров водорода и кислорода было получено при 20 °С и 1 атм (101,3 кПа)?

3. Имеется смесь двух газов, характеризующаяся следующими свойствами: 1) при пропускании ее через раствор серной кислоты объем смеси уменьшается на 15 %; 2) при пропускании смеси над раскаленной платиновой проволокой газы вступают в реакцию, в результате которой объем уменьшается на 10,4 %, причем одним из продуктов реакции является вода. Определите качественный и количественный составы смеси, а также количество продуктов реакции.

4. При пропускании горючего газа в водный раствор перманганата калия или раствор брома в CCl_4 не происходит изменения цвета растворов. 142 мл газа, измеренного при 20 °С и 760 мм рт. ст. (101,3 кПа), имеют массу 0,331 г. Что это за газ?

5. Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $\text{KCrO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{CrO}(\text{OH}) \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

6. Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NO}_2$.

7. При сжигании 21 г вещества, состоящего из углерода и водорода, образовалось 66 г диоксида углерода и некоторое количество воды. Плотность вещества по воздуху равна 2,9 (в парообразном состоянии). Выведите молекулярную формулу вещества, напишите формулы всех возможных изомеров и дайте им названия.

8. Исходные концентрации оксида углерода (II) и паров воды равны 0,03 моль/л. Вычислите равновесные концентрации CO , H_2O и H_2 в системе $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$, если равновесная концентрация CO_2 оказалась равной 0,01 моль/л. Вычислите константу равновесия.

9. Вычислите теплоту перехода графита в алмаз, если при образовании моля CO_2 из графита выделяется 393,5 кДж/моль, а из алмаза – 395,4 кДж/моль.

10. Какие реакции будут происходить при действии бромоводорода на 1,1,1-трифторпропен $\text{CF}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$, аллиловый спирт $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2\text{OH}$ и акриловую кислоту $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$? Напишите уравнения реакций и объясните предсказанные вами превращения.

11. Расположите в порядке возрастания кислотности, т.е. в порядке увеличения легкости диссоциации в водном растворе, следующие кислоты: монобромуксусную, монофторуксусную, уксусную, моноиодуксусную, пропионовую, монохлоруксусную – и объясните, почему вы выбрали предложенный вами порядок.

12. Напишите структурную формулу вещества, горение которого протекает согласно уравнению $n\text{X} + 3\text{O}_2 = 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

n – количество вещества, моль;

m – масса вещества, г;

M – молярная масса вещества, г/моль;

ω – массовая доля вещества, %;

φ – объемная доля вещества, %;

ρ – плотность раствора, г/см³;

V – объем, см³;

V_m – молярный объем газа, равен 22,4 л (при н. у.);

T – абсолютная температура, К;

t – температура, °С;

α – степень превращения, %;

η – выход химической реакции, %;

Q – количество теплоты, кДж;

τ – время, с;

I – сила тока, А.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хомченко Г.П., Хомченко И.Г. Задачи по химии для поступающих в вузы. – М.: Высшая школа, 1986; 1993; 1996.
2. Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А. Начала химии: в 2 т. – М., 1998.
3. Сорокин В.В., Злотников Э.Г. Химия в тестах: Пособие для школьников и абитуриентов. – СПб: Химия, 1996.
4. Сорокин В.В., Злотников Э.Г. Тесты по химии. – М.: Просвещение; Учебная литература, 1997.
5. Магдесиева Н.Н., Кузьменко Н.Е. Учись решать задачи по химии. – М.: Просвещение, 1986.
6. Увлекательный мир химических превращений: оригинальные задачи по химии с решениями / под ред. А.В. Суворова. – СПб: Химия, 1998.
7. Фримантл М. Химия в действии: в 2 ч. – М.: Мир, 1991.
8. Рэмсен Э.Н. Начала современной химии. – Л.: Химия, 1989.
9. Химическая энциклопедия. Т. 1–5. – М.: Сов. энциклопедия, 1989; 1990; 1993; 1996; 1998.

Данное учебно-методическое пособие является электронной версией учебно-методического пособия «Задачи и упражнения для учащихся заочной школы «Юный химик»», изданного в издательстве ТГУ в 2000 г., с внесенными изменениями и дополнениями.

Учебно-методическое издание

Л.Н. Мишенина, С.А. Кузнецова, Л.В. Цыро

**ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ
ДЛЯ ЗАОЧНОЙ ШКОЛЫ «ЮНЫЙ ХИМИК»**

9–11 классы

Учебно-методическое пособие

Редактор Ю.Г. Слизов
Технический редактор Т.В. Можаява