

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России)**



Факультет довузовской подготовки

**Учебные задания, методические рекомендации
ПО ХИМИИ**

для учащихся 11 классов школ города и края, а также лиц, имеющих
среднее (полное) общее образование
(курсы углубленной подготовки по химии)



Краснодар -2018

УДК 547.002:378.075:614.212

ББК 24

Составитель:

Преподаватель химии ФДП ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, канд. хим. наук **Чуйко Г.Ю.**

Под редакцией профессора кафедры фундаментальной и клинической биохимии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, д.п.н. **Т. Н. Литвиновой.**

Рецензенты:

доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, к.х.н., **Ненашева Л.В.**

доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, к.х.н., **Вальтер Н.И.**

Учебные задания, методические рекомендации составлены на основе ФГОС ОО (профильный уровень) и предназначены для слушателей подготовительных курсов факультета довузовской подготовки ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России.

Рекомендованы к изданию ЦМС ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, протокол № 1 от 07.09. 2018 г.

Предисловие

Цель данной методической работы – сформировать у слушателей подготовительных курсов факультета довузовской подготовки (ФДП) системное представление о дисциплине «Химия», содержании каждого раздела учебного предмета для подготовки к итоговой аттестации в форме ЕГЭ.

Задания сгруппированы по темам на основании принципов: фундаментальности, структурной организации, гибкости, динамичности, деятельности. К каждому занятию предложены учебно-целевые вопросы, обучающие задачи, задания для самостоятельного решения.

Дан перечень основной и дополнительной литературы, которым могут воспользоваться слушатели для самостоятельной работы и усвоения соответствующего раздела программы.

Имея данное методическое руководство, учащиеся смогут получить целостное представление о предмете, научиться самостоятельно работать с литературой, вести информационный поиск, готовиться к занятиям, текущему и итоговому контролю знаний.

Рекомендуемая литература

Основная:

- Кузнецова Н.Е. и др.* Химия. 8 кл-10 кл. – М.: Вентана-Граф, 2007- 2017.
- Кузнецова Н.Е., Литвинова Т.Н., Левкин А.Н.* Химия. 11 класс в 2-х частях, 2005-2010 -2017гг.
- Егоров А.М. Репетитор по химии.– Ростов н/Д: Феникс, 2017.– 762 с.
- Егоров А.С. Химия: экспресс-репетитор для подготовки к ЕГЭ. – Ростов н/Д: Феникс, 2017.– 279 с.
- Хомченко Г.П., Хомченко И.Г.* Задачи по химии для поступающих в вузы. М.: Высшая школа. 2007.– 302с.

Дополнительная:

- Открытый банк заданий ЕГЭ <http://fipi.ru/>
- Добротин Д.Ю., Медведев Ю.Н., Снастина М.Г.–Типовые тестовые задания.– Москва: Интеллект-Центр, 2013.– 256 с.
- Егоров А.С. Все типы расчетных задач по химии для подготовки к ЕГЭ.–Ростов н/Д: Феникс, 2003.–320с.
- Егоров А.С., Аминова Г.Х. Типовые задания и упражнения для подготовки к экзамену по химии. – Ростов н/Д: Феникс, 2005.– 448 с.
- Каверина А.А. Оптимальный банк заданий для подготовки учащихся. Единый государственный экзамен 2013-2018. Химия. Учебное пособие. / А.А. Каверина, Литвинова Т.Н. Химия. ЕГЭ-2011. Тренировочные тесты / Т.Н. Литвинова.– Ростов н/Д: Феникс, 2011.– 349 с.
- Литвинова Т.Н. Химия. ЕГЭ /Т.Н. Литвинова.– Ростов н/Д: Феникс, 2012.– 284 с.
- Литвинова Т.Н. Химия: Законы, свойства элементов и их соединений / Т.Н. Литвинова.– Ростов н/Д: Феникс, 2012, 2016, 2017.– 156 с.
- Медведев Ю.Н. Химия. Типовые тестовые задания.– М.: Изд-во «Экзамен», 2017.– 118 с.
- УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 10-11 КЛАССОВ (ПРОФИЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ) В ТРЕХ ЧАСТЯХ, КубГМУ, ФДП, 2008 год.

Список полезных сайтов по химии:

1. Alhimik. <http://www.alhimik.ru>
2. Химия для всех. Электронный справочник за полный курс химии. <http://www.informika.ru/text/database/chemy/START.html>
4. Репетитор по химии. <http://www.chemistry.nm.ru>
5. <http://schoolchemistry.by.ru/> - школьная химия. На этом сайте есть возможность пройти On-line тестирование по разным темам, а также демонстрационные варианты Единого Государственного Экзамена.
6. <http://www.alleng.ru/edu/chem.htm> - образовательные ресурсы Интернета по химии
7. <http://www.universitybooks.ru/srch.asp>

Основные формулы для решения задач

Величина и ее размерность	Соотношение
Атомная масса элемента X (относительная)	$Ar(X) = \frac{m_a(X)}{1/12m_a(^{12}\text{C})}$ $1 \text{ а.е.м.} = \frac{m_a(^{12}\text{C})}{12} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг};$ $m_a = Ar \cdot 1 \text{ а.е.м.}$
Порядковый номер элемента	$Z = N(e^-) = N(p^+)$
Массовая доля элемента Э в веществе X, в долях единицы, в %)	$\omega(\text{Э}) = \frac{m(\text{Э})}{m(X)};$ $\omega(\text{Э}) = \frac{Ar(\text{Э}) \cdot n}{Mr(X)}; \quad \omega(\text{Э}) = \frac{M(\text{Э}) \cdot n}{M(X)}$
Количество вещества X, моль	$n = \frac{N}{N_A}; \quad n = \frac{m}{M}; \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Количество вещества газа (X), моль	$n = \frac{V}{V_m}; \quad V_m = 22,4 \text{ л/моль (н.у.)}$ $\text{н.у.} - p = 101\,325 \text{ Па}, T = 273 \text{ К}$
Молярная масса вещества X, г/моль, кг/моль	$M = \frac{m}{n}$
Масса вещества X, г, кг	$m(X) = n(X) \cdot M(X)$
Молярный объем газа, л/моль, м ³ /моль	$V_m = 22,4 \text{ л/моль при н.у.}$
Объем газа, м ³	$V = V_m \cdot n$
Выход продукта	$\eta = \frac{m_{np}}{m_{теор}} \cdot 100\%; \quad \eta = \frac{n_{np}}{n_{теор}} \cdot 100\%;$ $\eta = \frac{V_{np}}{V_{теор}} \cdot 100\%$
Плотность вещества X, г/л, г/мл, кг/м ³	$\rho(X) = \frac{m(X)}{V(X)}; \quad \rho(\text{газа}) = \frac{M(\text{газа})}{V_m}$
Плотность газообразного вещества X по водороду	$D(X)_{\text{H}_2} = \frac{M(X)}{2}$
Плотность газообразного вещества X по воздуху	$D(X)_{\text{возд.}} = \frac{M(X)}{29}$ $M(\text{воздуха}) = 29 \text{ г/моль}$

Объединенный газовый закон	$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0};$
Уравнение Менделеева-Клапейрона	$PV = nRT, R = 8,314 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$
Объемная доля газообразного вещества в смеси газов, в долях единицы или в %	$\varphi(X) = \frac{V(X)}{V(\text{смеси газов})} \cdot 100\%$ $\varphi(X) = \frac{n(X)}{n_1 + n_2 + \dots (\text{газов})} \cdot 100\%$
Объемная доля жидкого вещества в растворе, в долях единицы или в %	$\varphi(X) = \frac{V(X)}{V(\text{раствора})} \cdot 100\%$
Молярная масса смеси газов	$M(\text{смеси газов}) = \frac{n_1M_1 + n_2M_2 + \dots}{n_1 + n_2 + \dots}$
Молярная доля вещества (X) в смеси	$N(X) = \frac{n(X)}{n_1 + n_2 + \dots}$
Количество теплоты, Дж, кДж	$Q = n(X) \cdot Q(X)$
Тепловой эффект реакции	$Q = -\Delta H$
Теплота образования вещества X, Дж/моль, кДж/моль	$Q(X) = \frac{Q}{n(B)}$
Скорость химической реакции (моль/л·сек)	$v_{\text{гом}} = \pm \frac{\Delta n}{V \Delta t} = \pm \frac{\Delta c}{\Delta t} \quad v_{\text{гем}} = \pm \frac{\Delta n}{S \Delta t}$
Закон действия масс (для простой реакции)	$aA + \nu B = cC + dD$ $v = k \cdot c^a(A) \cdot c^{\nu}(B)$
Правило Вант-Гоффа	$v_2 = v_1 \cdot \gamma^{\frac{\Delta t}{10}}$
Растворимость вещества (X) (г/100 г растворителя)	$S(X) = \frac{m(X)}{m(\text{р-ля})} \cdot 100$
Массовая доля вещества X в смеси A + X, в долях единицы, в %	$\omega(X) = \frac{m(X)}{m(A) + m(X)}$
Масса раствора, г, кг	$m(\text{р-р}) = m(X) + m(\text{H}_2\text{O})$ $m(\text{р-р}) = V(\text{р-р}) \cdot \rho(\text{р-р})$
Массовая доля растворенного вещества в растворе, в долях единицы, в %	$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{m(X)}{V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}}}$

Плотность раствора	$\rho_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{V_{\text{р-ра}}}$
Объем раствора, см ³ , л, м ³	$V_{\text{р-р}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho_{\text{р-ра}}}$
Молярная концентрация, моль/л	$c(X) = \frac{n(X)}{V_{\text{р-ра}} (\text{л})} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{\text{р-ра}} (\text{л})}$
Степень диссоциации электролита (X), в долях единицы или %	$\alpha = \frac{n(X)_{\text{дисс.}}}{n(X)_{\text{общ.}}}$
Ионное произведение воды	$K(\text{H}_2\text{O}) = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$
Водородный показатель	$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$

Занятие 1

Тема: Основные химические понятия. Расчеты по химическим формулам.

Учебно-целевые вопросы:

1. Основные положения атомно-молекулярного учения (АМУ).
2. Химические соединения и смеси с точки зрения АМУ. Укажите признаки, по которым смеси отличаются от химических соединений.
3. Дайте определения понятиям: атом, молекула, химический элемент, простое вещество, сложное вещество. Относительная атомная и молекулярная массы.
4. Абсолютная атомная и молекулярная массы, их единицы измерения.
5. Явления химические и физические? Приведите примеры.
6. Явления аллотропии, его причины. Приведите примеры.
7. Закон постоянства состава
8. Что называют химической формулой? Виды химических формул: эмпирические, молекулярные, графические. Какую информацию несет химическая формула?
9. Расчет массовой доли элемента в соединении?
10. Моль – единица измерения количества вещества. Молярная масса, единицы измерения.

Обучающие задания:

Задание № 1. Вещества, формульные единицы которых включают 4 атома, – это:

- | | |
|-----------------|----------------------|
| а) нашатырь | б) поташ |
| в) нитрит калия | г) пероксид водорода |

Решение:

Формульная единица – химическая формула атома, молекулы, радикала, иона, группы катионов или анионов или любой другой точно определенной и **реально существующей** как единое целое совокупности химических частиц. Например, формульная единица NaCl показывает, что в кристалле хлорида натрия, а также в его растворе, существуют катионы натрия Na^+ и анионы хлора Cl^- в количественном соотношении 1:1. К веществам ионного строения применяется не термин «молекула», а термин «формульная единица».

Нашатырь, NH_4Cl – его формульная единица показывает, что в кристалле соли или в растворе содержатся ионы NH_4^+ и Cl^- в количественном соотношении 1:1. Общее число атомов – 6.

Поташ, K_2CO_3 – его формульная единица показывает, что в кристалле соли или в растворе содержатся ионы K^+ и CO_3^{2-} в количественном соотношении 2:1. Общее число атомов – 6.

Нитрит калия, KNO_2 – его формульная единица показывает, что в кристалле соли или в растворе содержатся ионы K^+ и NO_2^- в количественном соотношении 1:1. Общее число атомов – 4.

Пероксид водорода, H_2O_2 – его формульная единица показывает, что в молекуле содержатся 2 атома кислорода и два атома водорода. Общее число атомов – 4.

Ответ: в и з

Задание № 2. Вычислите массовые доли углерода, водорода и кислорода в уксусной кислоте.

Решение:

1. Определяем молярную массу уксусной кислоты:

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

2. По формуле $\omega(\text{X}) = \frac{A_r(\text{X}) \cdot n}{M_r} \cdot 100\%$ рассчитываем массовую долю элементов в соединении:

$$\omega(\text{C}) = \frac{2 \cdot 12}{60} \cdot 100\% = 40,0\%;$$

$$\omega(\text{H}) = \frac{4 \cdot 1}{60} \cdot 100\% = 6,67\%;$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{16 \cdot 2}{60} \cdot 100\% = 53,33\%.$$

Ответ: 40,0%; 6,67%; 53,33%.

Задание № 3. Массовая доля кислорода в оксиде трехвалентного металла составляет 47,06%. Определите металл.

Решение:

1. Запишем формулу оксида в виде Me_2O_3 и определим его молярную массу, пользуясь формулой: $\omega(\text{X}) = \frac{A_r(\text{X}) \cdot n}{M_r} \cdot 100\%$;

$$M_r = \frac{A_r(\text{O}) \cdot n}{\omega(\text{O})} \cdot 100\% ; \quad M(\text{Me}_2\text{O}_3) = \frac{3 \cdot 16}{47,06\%} \cdot 100\% = 102$$

г/моль.

2. Рассчитаем молярную массу металла:

$$M(\text{Me}) = \frac{M(\text{Me}_2\text{O}_3) - 3 \cdot M(\text{O})}{2} ; \quad M(\text{Me}) = \frac{102 - 3 \cdot 16}{2} = 27 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, металл – алюминий.

Ответ: Al.

Задание №4. Плотность по водороду вещества, имеющего состав: углерод – 54,55%, водород – 9,09% и кислород - 36,36%, равна 22. Выведите формулу вещества.

Решение:

1. Находим атомное соотношение элементов в химическом соединении $C_xH_yO_z$, разделив содержание их в процентах по массе на относительные атомные массы:

$$x:y:z = \omega(C)/Ar(C) : \omega(H)/Ar(H) : \omega(O)/Ar(O) = 54,55/12 : 9,09/1 : 36,36/16 =$$

$4,54 : 9,09 : 2,27 = 2:4:1$. Следовательно, простейшая формула этого вещества C_2H_4O .

2. Атомному соотношению 2:4:1 соответствуют формулы $(C_2H_4O)_n$, где $n = 1, 2, 3, \dots, \infty$. Для нахождения n воспользуемся дополнительным условием:

$$M(\text{в-ва}) = 2 \cdot 22 = 44 \text{ (г/моль)}. n = M(\text{в-ва})/M(C_2H_4O) = 44/44 = 1.$$

Следовательно, истинная формула соединения C_2H_4O .

Ответ: формула вещества C_2H_4O .

Задания для самостоятельного решения

- Какие из перечисленных веществ являются химическими соединениями, а какие смесями: а) воздух; б) мел; в) мрамор; г) водяной пар; д) морская вода; е) почва?
- Дайте названия и составьте графические формулы следующих веществ: Fe_2O_3 ; Mg_3P_2 ; Li_3N ; Cl_2O_7 ; $Ca(OH)_2$; H_2SO_4 ; K_2SO_4 ; Cr_2O_3 ; SiO_2 .
- К каким явлениям – физическим или химическим – относятся: а) кипение воды; б) хлорирование металла; в) таяние ледников; г) пожелтение травы; д) ржавление гвоздя; е) испарение воды; ж) образование озона в атмосфере во время грозы; з) перегонка нефти; и) скисание молока; к) плавление соли; л) окисление металла? Ответ поясните.
- Рассчитайте относительную молекулярную массу, молярную массу и абсолютную молекулярную массу: а) кислорода; б) азотной кислоты; в) пентагидрата сульфата меди(II) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Дайте определение этим величинам, чем они отличаются друг от друга?
- Определите, в каком количестве вещества хлорида калия содержится такое же количество атомов калия, сколько его в 5 моль сульфата калия; в 50,5 г нитрата калия; в $1,2 \cdot 10^{24}$ молекулах фосфата калия. Что такое моль? (*Ответ:* 10; 0,5; 6 моль атомов калия)
- Сколько молекул воды содержится в стакане воды (200 мл)? (*Ответ:* $6,7 \cdot 10^{24}$).
- Массовая доля кислорода в оксиде трехвалентного элемента составляет 0,173. Вычислить относительную атомную массу элемента. (*Ответ:* 114,7)

Дополнительны задания

- В состав 1 моль оксида серы входит $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов серы и $18,06 \cdot 10^{23}$ атомов кислорода. Определите формулу оксида и массовую долю кислорода в этом оксиде. (*Ответ:* SO_3 , 60%)

- 2) Абсолютная молекулярная масса серы равна $4,25 \cdot 10^{-22}$ г. Из какого числа атомов состоит молекула серы? (*Ответ: 8 атомов*)
- 3) Рассчитать массовую долю металла в следующих соединениях: FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄.
- 4) *При сгорании трехвалентного металла массой 11,2 г образовался оксид массой 16 г. Какой был взят металл? (*Ответ: железо*)
- 5) *В каком количестве вещества хлороводорода содержится такое же количество атомов водорода, что и в серной кислоте массой 19,6 г? (*Ответ: 0,4 моль*).
- 6) *Общее число атомов в образце оксида металла II-A группы, в котором массовая доля кислорода больше массовой доли металла, равна $3,01 \cdot 10^{21}$. Вычислите массу образца оксида. (*Ответ: 0,0625 г BeO*).
- 7) *Массовая доля кислорода в кристаллогидрате сульфата железа(II) равна 0,633. Установите формулу кристаллогидрата. (*Ответ: FeSO₄·7H₂O*).
- Задания, отмеченные * являются усложненными.*

Занятие 2

Тема: Закон сохранения массы веществ. Расчеты по уравнениям химических реакций.

Учебно-целевые вопросы:

1. Что называют химическим уравнением? В чем отличие схемы химической реакции от уравнения?
2. Какой закон лежит в основе составления уравнений реакций? Сформулируйте этот закон. Каково его значение?
3. Расчет массовой доли примесей в образце вещества.
4. Расчет выхода продукта реакции.

Обучающие задания:

Задание № 1. Рассчитайте, какую массу чистого железа можно получить из 1 тонны магнетита – руды, содержащей 80% Fe₃O₄, если массовая доля выхода составляет 75 %.

Решение:

1. Найдем массу Fe₃O₄ в 1 тонне руды:

$$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{\omega(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot m(\text{руды})}{100\%}; \quad m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{80\% \cdot 1000\text{кг}}{100\%} = 800 \text{ кг.}$$

2. Определим $n(\text{Fe}_3\text{O}_4)$ этой массы, учитывая, что $M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 232$ кг/кмоль:

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{m(\text{Fe}_3\text{O}_4)}{M(\text{Fe}_3\text{O}_4)}; \quad n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{800\text{г}}{232\text{г/моль}} = 3,45\text{кмоль.}$$

3. Поскольку 1 моль Fe₃O₄ содержит 3 моль атомов железа, то $n(\text{Fe}) = 3 \cdot 3,45 = 10,35$ кмоль.
4. Находим $m(\text{Fe})_{\text{теор}}$:

$$m(\text{Fe})_{\text{теор}} = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}); \quad m(\text{Fe})_{\text{теор}} = 10,35 \text{ кмоль} \cdot 56 \text{ кг/кмоль} = 580 \text{ кг.}$$

5. Находим $m(\text{Fe})_{\text{практ}}$:

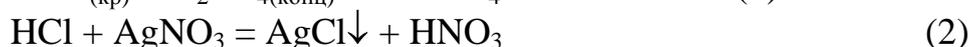
$$m(\text{Fe})_{\text{практ}} = \frac{\eta \cdot m(\text{Fe})_{\text{теор}}}{100\%}; \quad m(\text{Fe})_{\text{практ}} = \frac{75\% \cdot 580 \text{ кг}}{100\%} = 435 \text{ кг.}$$

Ответ: 435 кг железа.

Задание № 2. Из 17,55 г хлорида натрия получили сульфатным способом хлороводород, который пропустили через раствор нитрата серебра(I). При этом образовался осадок массой 32,29 г. Определите выход хлороводорода в первой реакции, считая, что выход продукта второй реакции 100%.

Решение:

1. Запишем уравнения протекающих реакций:



2. Находим $n(\text{AgCl})$:

$$n(\text{AgCl}) = \frac{m(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})}; \quad n(\text{AgCl}) = \frac{32,29 \text{ г}}{143,5 \text{ г/моль}} = 0,225 \text{ моль.}$$

3. Находим количество вещества HCl, которое прореагировало с нитратом серебра и реально получено в первой реакции.

Так как выход продукта второй реакции количественный, т.е. 100%-ный, то $n(\text{HCl}) = n(\text{AgCl})$ и, следовательно, $n(\text{HCl})_{\text{практ}} = 0,225 \text{ моль}$.

4. Рассчитываем количество вещества NaCl:

$$n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})}; \quad n(\text{NaCl}) = \frac{17,55 \text{ г}}{58,5 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль.}$$

5. Из уравнения (1) следует, что $n(\text{HCl})_{\text{теор}} = n(\text{NaCl}) = 0,3 \text{ моль}$.

6. Находим выход хлороводорода:

$$\eta(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl})_{\text{практ}}}{n(\text{HCl})_{\text{теор}}} \cdot 100\%; \quad \eta(\text{HCl}) = \frac{0,225 \text{ моль}}{0,3 \text{ моль}} \cdot 100\% = 75\% .$$

Ответ: 75%.

Задание № 3. Газ, полученный при обжиге 120 г пирита, использовали для полной нейтрализации раствора, содержащего 152 г гидроксида натрия. Определите массовую долю примесей в пирите.

Решение:

1. Записываем уравнения происходящих реакций:



2. По условию задачи нейтрализация щелочи полная, поэтому образуется средняя соль:



3. Находим количество вещества NaOH:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})}; \quad n(\text{NaOH}) = \frac{152}{40} = 3,8 \text{ моль.}$$

4. Находим количество вещества SO_2 и FeS_2 :
 по уравнению (2) $n(\text{SO}_2) = 1/2 n(\text{NaOH}) = 1/2 \cdot 3,8 = 1,9$ моль;
 по уравнению (1) $n(\text{SO}_2) : n(\text{FeS}_2) = 2 : 1$, следовательно,
 $n(\text{FeS}_2) = 1,9 \cdot 1/2 = 0,95$ моль.
5. Находим массу FeS_2 :

$$m(\text{FeS}_2) = n(\text{FeS}_2) \cdot M(\text{FeS}_2);$$

$$m(\text{FeS}_2) = 0,95 \text{ моль} \cdot 120 \text{ г/моль} = 114 \text{ г.}$$

6. Рассчитываем массу и массовую долю примесей в пирите:

$$m(\text{примесей}) = m(\text{руды}) - m(\text{FeS}_2); \quad m(\text{примесей}) = 120 \text{ г} - 114 \text{ г} = 6 \text{ г};$$

$$\omega(\text{примесей}) = \frac{m(\text{примесей})}{m(\text{руды})} \cdot 100\%; \quad \omega(\text{примесей}) = \frac{6 \text{ г}}{120 \text{ г}} \cdot 100\% = 5\%.$$

Ответ: 5% примесей.

Задание № 4. 6,26 г смеси хлоридов алюминия и железа(III) растворили в воде, затем к полученному раствору прибавили избыток раствора щелочи. Образовавшийся осадок отфильтровали, промыли и прокалили. Масса твердого остатка после прокаливания составила 2,4 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

Решение:

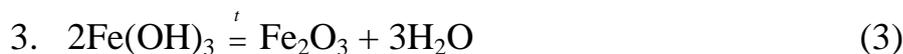
1. Составим уравнения происходящих реакций:



В данной реакции гидроксид алюминия не образуется, т.к. щелочь взята в избытке и амфотерный гидроксид алюминия легко в ней растворяется.



Образующийся гидроксид железа (III) обладает амфотерными свойствами, но с преобладанием основных свойств, поэтому при обычных условиях он не взаимодействует со щелочами.



Находим количество вещества оксида железа(III):

исходя из химизма процессов, очевидно, что твердым остатком является оксид железа (III)

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)};$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{2,4 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,015 \text{ моль.}$$

4. Находим количество вещества гидроксида железа(III) и хлорида железа(III):
 по уравнению (3) $n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 2 n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 0,015 = 0,03$ моль;
 по уравнению (2) $n(\text{FeCl}_3) = n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0,03$ моль.
5. Рассчитываем массу хлорида железа(III):

$$m(\text{FeCl}_3) = n(\text{FeCl}_3) \cdot M(\text{FeCl}_3);$$

$$m(\text{FeCl}_3) = 0,03 \text{ моль} \cdot 162,5 \text{ г/моль} = 4,88 \text{ г}.$$

6. Определяем массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{FeCl}_3) = \frac{m(\text{FeCl}_3)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%; \quad \omega(\text{FeCl}_3) = \frac{4,88 \text{ г}}{6,26 \text{ г}} \cdot 100\% = 77,96\%;$$

$$\omega(\text{AlCl}_3) = 100\% - 77,96\% = 22,04\%.$$

$$\text{Ответ: } \omega(\text{AlCl}_3) = 22,04\%, \quad \omega(\text{FeCl}_3) = 77,96\%.$$

Задания для самостоятельного решения

- 1) 5,6 г железа сожгли в избытке хлора. Какая масса соли образуется? (Ответ: 16,25 г).
- 2) Подобрать коэффициенты в следующих схемах:

а) $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$	е) $\text{K} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KOH} + \text{H}_2$
б) $\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{H}_2$	ж) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
в) $\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$	з) $\text{MnO}_2 + \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Mn}$
г) $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$	и) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$
- д) $\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$.
- 3) Какая масса цинка должна вступить в реакцию с избытком серной кислоты, чтобы при этом образовалось 0,1 г водорода? (Ответ: 3,25 г).
- 4) 20 г карбоната кальция обработали избытком соляной кислоты. Определите объем выделившегося газа, если его выход 75%. (Ответ: 3,36 л).
- 5) Нагрели смесь 27 г алюминия с 60 г серы. В результате реакции получили 75 г продукта реакции. Противоречит ли этот факт закону сохранения массы вещества?
- 6) Какой объем углекислого газа (н.у.) выделится при обработке 15 г карбоната натрия, содержащего 15% примесей, избытком соляной кислоты? (Ответ: 2,69 л).

Дополнительные задания

- 1) Определить массовую долю кристаллизационной воды и соли в:
 - а) медном купоросе $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; б) дигидрате хлорида бария $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
(Ответ: а) 0,36, 0,64; б) 14,8, 85,2)
- 2) При взаимодействии металла с избытком соляной кислоты выделилось 3,36 л газа (н.у.) и образовалось 13,35 г хлорида. Какой был взят металл? (Ответ: Al).
- 3) Какой объем займет смесь, состоящая из 0,5 моль кислорода и 0,25 моль хлора при н.у.? (Ответ: 16,8 л).
- 4) В каком количестве вещества серной кислоты содержится столько же атомов кислорода, сколько их содержится в 6,72 л озона (н.у.)? (Ответ: 0,225 моль).
- 5) На 3,84 г меди подействовали избытком концентрированной серной кислоты. Полученный в результате реакции газ пропустили через раствор, содержащий 7,84 г гидроксида калия. Сколько (г) и какой соли образовалось? (Ответ: 9,48 г сульфита калия)
- 6) Сколько кг чистого железа можно получить из 500 кг магнитного железняка, содержащего 70% Fe_3O_4 , по уравнению $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Fe}$.

Занятие 3

Тема: Закон Авогадро и следствия из него. Объемные отношения газов при химических реакциях. Решение задач на вывод формул химических соединений по массовым долям элементов.

Учебно-целевые вопросы:

1. Особенности газообразного состояния вещества. Какие внешние факторы влияют на газообразное состояние вещества?
2. Закон Авогадро. Следствия из закона Авогадро. Молярный объем газообразных веществ.
3. Плотность газов. Относительная плотность газов. Определение молярной массы вещества через относительную плотность газов.
4. Объединенный газовый закон. Уравнение Менделеева-Клапейрона.
5. Средняя молярная масса смеси газов.
6. Закон объемных отношений.
7. Объемная доля (φ).
8. Молярная доля (N или χ).

Обучающие задания:

Задание №1. Масса 10,75 л смеси водорода и кислорода (н.у.) составляет 2 г. Найдите объемные доли газов в смеси.

Решение:

1. Находим плотность смеси газов: $\rho(\text{смеси}) = m/V = 2/10,75 = 0,186$ (г/л).
2. Рассчитываем среднюю молярную массу газов:
 $M(\text{смеси}) = \rho(\text{смеси}) \cdot 22,4 \text{ л/моль}$;
 $M(\text{смеси}) = 0,186 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,16$ (г/моль).
3. Вычисляем объемные доли газов, используя следствие из закона Авогадро:

$$M(\text{смеси}) = \varphi(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = X \cdot 2 + (1-X) \cdot 32;$$

$$4,16 = X \cdot 2 + (1-X) \cdot 32$$

$$X = \varphi(\text{H}_2) = 0,927 \text{ или } 92,7\%; \quad \varphi(\text{O}_2) = 7,3\%.$$

Ответ: 92,7% H₂ и 7,3% O₂.

Задание № 2. Некоторый газ при 25°C и давлении 99,3 кПа занимает объем 1,52 мл. Какой объем займет этот газ при н.у.?

Решение:

Для приведения газа к н.у. используем объединенный газовый закон Бойля-Мариотта и Гей-Люссака:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

где $T_0 = 273 \text{ K}$; $T = 273 + t = 273 + 25 = 298 \text{ K}$; $P_0 = 101,325 \text{ кПа}$.

$$\text{Находим } V_0 = \frac{PV T_0}{P_0 T}; V_0 = \frac{99,3 \cdot 152 \cdot 273}{101,325 \cdot 298} = 136,5 \text{ мл.}$$

Ответ: 136,5 мл.

Задача № 3. Определить относительную плотность по водороду газообразного вещества, 1 г которого при 27°C и давлении 101656 Па занимает объем 760 мл.

Решение:

Для нахождения относительной плотности газа надо знать молярные массы: $M(\text{газа})$ и $M(\text{H}_2)$.

Молярную массу газа найдем из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \frac{mRT}{M} \text{ отсюда } M = \frac{mRT}{PV}$$

Газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$; $T = 273 + 27 = 300 \text{ К}$.

При выражении газовой постоянной в Дж/моль·К, объем газа должен выражаться в м³, а давление в Па: $V = 760 \text{ мл} = 760 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$.

$$\text{Находим молярную массу газа: } M = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 300}{101656 \cdot 760 \cdot 10^{-6}} = 32,2 \text{ г/моль.}$$

Находим плотность этого газа по водороду по формуле:

$$D(\text{H}_2) = \frac{M(\text{газа})}{M(\text{H}_2)} = \frac{32,2}{2} = 16,1$$

Ответ: 16,1.

Задание №4. Какой объем оксида углерода(II) окислился кислородом (н.у.), если образовалось 10 л оксида углерода(IV), измеренного при 0°C и давлении 1,5 атм.?

Решение:

1. Запишем уравнение реакции окисления оксида углерода(II): $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$.

2. Рассчитаем количество оксида углерода (IV), используя уравнение Менделеева-Клапейрона. Для расчетов необходимо предварительно исходные данные выразить в единицах СИ: $R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$; $P = 1,5 \cdot 101000 = 151,5 \cdot 10^3 \text{ Па}$; $T = t + 273 = 273 \text{ K}$; $V = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}; n = \frac{151 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 273} = 0,668 \text{ моль}$$

3. Рассчитаем, используя уравнение реакции, количество оксида углерода(II):

$$\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO}_2)} = \frac{1}{1}; n(\text{CO}) = 0,668 \text{ (моль)}$$

4. Находим объем оксида углерода(II) при н.у.: $V(\text{CO}) = n(\text{CO}) \cdot V_m = 0,668 \cdot 22,4 = 15 \text{ (л)}$

Ответ: 15 л CO.

Задание № 5. Масса 10,75 л смеси водорода и кислорода (н.у.) составляет 2 г. Найдите объемные доли газов в смеси.

Решение:

1. Находим плотность смеси газов:

$$\rho(\text{смеси}) = \frac{m}{V} \text{ (г/л);} \quad \rho(\text{смеси}) = \frac{2\text{г}}{10,75\text{л}} = 0,186 \text{ г/л.}$$

2. Рассчитываем среднюю молярную массу смеси газов:

$$M(\text{смеси}) = \rho(\text{смеси}) \cdot V_m;$$

$$M(\text{смеси}) = 0,186\text{г/л} \cdot 22,4\text{л/моль} = 4,16 \text{ (г/моль)}.$$

3. Вычисляем объемные доли газов, используя следствие из закона Авогадро:

$$M(\text{смеси}) = \varphi(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2).$$

$$\text{Обозначаем } \varphi(\text{H}_2) = X, \text{ а } \varphi(\text{O}_2) = 1 - X;$$

$$M(\text{смеси}) = X \cdot 2 + (1 - X) \cdot 32;$$

$$4,16 = X \cdot 2 + (1 - X) \cdot 32;$$

$$X = \varphi(\text{H}_2) = 0,927 \text{ или } 92,7\%; \quad \varphi(\text{O}_2) = 7,3\%.$$

Ответ: $\varphi(\text{H}_2) = 92,7\%$, $\varphi(\text{O}_2) = 7,3\%$.

Задание № 6. Плотность смеси кислорода и озона по водороду равна 17. Определите молярную долю кислорода в смеси.

Решение:

1. Находим среднюю молярную массу смеси газов:

$$M(\text{смеси газов}) = 2D_{\text{H}_2};$$

$$M(\text{смеси газов}) = 2 \cdot 17 = 34 \text{ г/моль.}$$

2. Определяем количества вещества кислорода в смеси:

$$M(\text{смеси}) = n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + n(\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_3).$$

$$\text{Пусть } n(\text{O}_2) = x \text{ моль, тогда } n(\text{O}_3) = 1 - x;$$

$$M(\text{смеси}) = 32x + (1 - x) \cdot 48 = 34;$$

$$x = 0,875 \text{ моль.}$$

3. Определяем молярную долю кислорода в смеси:

$$N(\text{O}_2) = \frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{O}_2) + n(\text{O}_3)};$$

$$N(\text{O}_2) = \frac{0,875}{1} = 0,875.$$

Ответ: $N(\text{O}_2) = 0,875$.

Задача № 7

Масса 10,75 л смеси водорода и кислорода (н.у.) составляет 2 г. Найдите объемные доли газов в смеси.

Решение:

4. Находим плотность смеси газов:

$$\rho(\text{смеси}) = \frac{m}{V} \text{ (г/л);} \quad \rho(\text{смеси}) = \frac{2\text{г}}{10,75\text{л}} = 0,186 \text{ г/л.}$$

5. Рассчитываем среднюю молярную массу смеси газов:

$$M(\text{смеси}) = \rho(\text{смеси}) \cdot V_m;$$

$$M(\text{смеси}) = 0,186\text{г/л} \cdot 22,4\text{л/моль} = 4,16 \text{ (г/моль)}.$$

6. Вычисляем объемные доли газов, используя следствие из закона Авогадро:

$$M(\text{смеси}) = \varphi(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2).$$

Обозначаем $\varphi(\text{H}_2) = X$, а $\varphi(\text{O}_2) = 1 - X$;

$$M(\text{смеси}) = X \cdot 2 + (1 - X) \cdot 32;$$

$$4,16 = X \cdot 2 + (1 - X) \cdot 32;$$

$$X = \varphi(\text{H}_2) = 0,927 \text{ или } 92,7\%; \quad \varphi(\text{O}_2) = 7,3\%.$$

Ответ: $\varphi(\text{H}_2) = 92,7\%$, $\varphi(\text{O}_2) = 7,3\%$.

Вывод формул химических соединений

I тип. Вывод формул по массовым долям элементов, входящих в состав молекулы.

Задача

Определить молекулярную формулу оксида фосфора, содержащего 43,7% фосфора. Плотность по воздуху паров этого оксида 9,8.

Решение:

1. **Обозначим простейшую формулу P_xO_y , молекулярную $(P_xO_y)_p$.**

2. Примем массу оксида $m(P_xO_y) = 100\text{г}$, тогда $m(P) = m(\text{оксида}) \cdot \omega(P) = 43,7\text{г}$;
 $m(O) = 100 - m(P) = 100 - 43,7 = 56,3 \text{ г}$.

3. Находим количества веществ атомарных фосфора и кислорода:

$$n = \frac{m}{M}; \quad n(P) = \frac{43,7\text{г}}{31\text{г/моль}} = 1,41 \text{ моль}; \quad n(O) = \frac{56,3\text{г}}{16\text{г/моль}} = 3,52 \text{ моль}.$$

4. Находим отношение числа атомов элементов в химическом соединении, т.е. простейшую формулу: $x:y = n(P):n(O) = 1,41:3,52 = 1:2,5$.

Так как в формулах соединений индексы должны быть целыми числами, то правую часть равенства умножаем на 2:

$$n(P) : n(O) = 2:5, \text{ следовательно, простейшая формула } P_2O_5.$$

Атомному соотношению 2:5 соответствуют формулы $(P_2O_5)_p$, где $p = 1, 2, 3 \dots$

5. Для нахождения p вычислим молярную массу соединения по относительной плотности: $M(P_2O_5)_p = 29 \cdot D_{\text{возд.}} = 29 \text{ г/моль} \cdot 9,8 = 284 \text{ г/моль}$.

$$p = \frac{M(P_2O_5)_p}{M(P_2O_5)} = \frac{284\text{г/моль}}{142\text{г/моль}} = 2.$$

Следовательно, молекулярная формула оксида $(P_2O_5)_2$ или P_4O_{10} .

Ответ: P_4O_{10} .

II тип. Вывод формул химических соединений по продуктам сгорания веществ.

Задача

При сжигании 0,46 г вещества получено 0,448 л (н.у.) оксида углерода(IV) и 0,54 г воды. Плотность паров этого вещества по водороду 23. Выведите молекулярную формулу этого вещества.

Решение:

- 1) Устанавливаем элементный состав вещества. Поскольку при сгорании вещества в кислороде образуются CO_2 и H_2O , то в состав вещества, кроме углерода и водорода, может входить и кислород.

Определим, входит ли в состав вещества кислород.

- 2) Находим количество вещества углерода и водорода, входящих в состав соединения:

$$\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}; n = \frac{V}{Vm}; n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \frac{0,448 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,02 \text{ моль};$$

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,02 \text{ моль};$$

$$\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}; \quad n = \frac{m}{M}; \quad \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H})} = \frac{1}{2};$$

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot \frac{0,54 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,06 \text{ моль}.$$

- 3) Рассчитываем массу кислорода, входящего в состав вещества:

$$m(\text{O}) = m(\text{в-ва}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) = 0,46 - 0,02 \cdot 12 - 0,06 \cdot 1 = 0,16 \text{ г}.$$

- 4) Определяем количество вещества кислорода:

$$n(\text{O}) = \frac{0,16 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль}.$$

- 5) Таким образом $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ – простейшая формула; $(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)_p$ – молекулярная формула.

- 6) Находим атомное соотношение элементов в веществе:

$$x:y:z = n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 0,02:0,06:0,01 = 2:6:1.$$

$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ – простейшая формула.

Для нахождения « p » воспользуемся дополнительным условием:

$$M(\text{вещества}) = 2 \cdot D(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль} \cdot 23 = 46 \text{ г/моль},$$

следовательно, $46p = 46$; $p = 1$.

$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ – истинная формула.

Ответ: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

III тип. Вывод формул химических соединений по объемным отношениям реагирующих газообразных веществ.

Задача

При сжигании смеси, состоявшей из двух объемов неизвестного газа и полутора объемов кислорода, образовалась смесь из одного объема азота и трех объемов водяного пара. Во всех случаях объемы газов измерены при одинаковых условиях.

Решение:

Так как при сгорании неизвестного газа в кислороде образуются N_2 и H_2O , то в состав газа входят азот, водород и возможно кислород: $N_xH_yO_z$.

Согласно закону объемных отношений объемы газов пропорциональны их количествам и равны коэффициентам в уравнении реакции.

Запишем уравнение реакции: $2N_xH_yO_z + 3/2O_2 = N_2 + 3H_2O_{(пар)}$.

По закону сохранения массы веществ число атомов элементов в левой и правой частях уравнения равно:

$$2x = 2; x = 1; \quad 2y = 6; y = 3; \quad 2z + 3 = 3; z = 0.$$

Следовательно, формула неизвестного газа NH_3 .

Ответ: NH_3 .

IV тип. Вывод формул кристаллогидратов.

Задача

Выведите формулу кристаллогидрата фосфата цинка, если известно, что массовая доля соли в нем равна 84,2%.

Решение:

1 способ:

Пусть в состав кристаллогидрата входит n молекул воды, т.е. формула кристаллогидрата $Zn_3(PO_4)_2 \cdot nH_2O$.

$$\omega(Zn_3(PO_4)_2) = \frac{M(Zn_3(PO_4)_2)}{M(\text{кристаллогидрата})} \cdot 100\%;$$

$$M(Zn_3(PO_4)_2) = 385 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{кристаллогидрата}) = \frac{385 \text{ г/моль} \cdot 100\%}{84,2\%} = 457 \text{ г/моль};$$

$$457 = 385 + 18n; n = 4.$$

Следовательно, формула кристаллогидрата $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$.

2 способ.

Массовая доля воды в кристаллогидрате:

$$\omega(H_2O) = 100 - \omega(Zn_3(PO_4)_2) = 100 - 84,2 = 15,8\%.$$

$$\omega(H_2O) = \frac{18 \cdot n}{385 + 18n}; \quad \frac{18n}{385 + 18n} = 0,158; \quad 15,2n = 60,8 \quad \text{откуда } n = 4.$$

Ответ: $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$.

3 способ.

Пусть $m(Zn_3(PO_4)_2 \cdot nH_2O) = 100$ г, тогда $m(Zn_3(PO_4)_2) = 84,2$ г;

$$m(H_2O) = 100 - 84,2 = 15,8 \text{ г}.$$

Находим количество вещества соли и воды:

$$n(Zn_3(PO_4)_2) = \frac{84,2 \text{ г}}{385 \text{ г/моль}} = 0,219 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{15,8 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,878 \text{ моль.}$$

Находим молярное соотношение соли и воды в кристаллогидрате:

$$n(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2):n(\text{H}_2\text{O}) = 0,219:0,878=1:4.$$

Следовательно, формула кристаллогидрата $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Задания для самостоятельного решения

1. В каком объеме в литрах при н.у. содержится $6,02 \cdot 10^{24}$ атомов азота? (*Ответ:* 112 л)
2. Какой объем в литрах при н.у. займет водород массой 20 г? (*Ответ:* 224 л)
3. Какой объем занимают при н.у. $6,02 \cdot 10^{24}$ молекул кислорода, азота, воды? (*Ответ:* 224 л, 224 л, 180 мл)
4. При н.у. один из газов, являющийся простым веществом, имеет плотность 3,17 г/л. Определите газ. (*Ответ:* хлор)
5. Сколько молекул содержится в 100 мл газа при 47°C и давлении 64848 Па? (*Ответ:* $1,47 \cdot 10^{21}$)
6. Какой объем займут $6,02 \cdot 10^{20}$ молекул газа при температуре 127°C и давлении 4 атм.? (*Ответ:* 8,2 мл)
7. 400 мл двухатомного газа при 27°C и 133322 Па имеют массу 0,685 г. Определите какой это газ. (*Ответ:* кислород)

Дополнительные задания

1. Смесь 11,2 л (н.у.) аммиака и водорода имеет массу 5,5 г. Определите объемную и массовую долю аммиака в этой смеси. (*Ответ:* 0,6; 0,927)
2. 1 л смеси угарного газа и углекислого при н.у. имеет массу 1,43 г. Определите состав смеси в объемных долях. (*Ответ:* 75% CO, 25% CO₂)
3. Через избыток известковой воды пропустили смесь газов объемом 5 л (н.у.), состоящую из CO, CO₂ и азота. При этом образовался осадок массой 5 г. Оставшуюся смесь газов пропустили над нагретым оксидом железа(III) и получили железо массой 5,6 г. Каковы объемные доли газов в исходной смеси? (*Ответ:* 22,4% CO₂; 67,3% CO; 10,3% N₂)
4. Массовая доля кислорода в кристаллогидрате нитрата железа(III) равна 0,713. Установите формулу кристаллогидрата. (*Ответ:* Fe(NO₃)₃·9H₂O).
5. При сгорании 0,6 г вещества образуется 448 мл (н.у.) диоксида углерода и 0,36 г воды. Масса 1 л газа равна 2,68 г. Выведите молекулярную формулу вещества и определите, какой объем воздуха необходим для полного сгорания 5 л этого вещества. (*Ответ:* C₂H₄O₂; 47,6 л)
6. При сгорании углеводорода образовалось 0,2 моль оксида углерода(IV) и 0,2 моль воды. Плотность углеводорода по кислороду 0,875. Выведите формулу углеводорода.
7. Из кристаллогидратов AlCl₃·6H₂O и Al₂(SO₄)₃·18H₂O, взятых в мольном соотношении 1:2, приготовили смесь. Вычислите массовую долю ионов Al³⁺ в данной смеси. (*Ответ:* 8,9%)

8. При сжигании 8,2 г вещества получено 5,3 г карбоната натрия, 3,36 л (н.у.) углекислого газа и 2,7 г воды. Определите истинную формулу сожженного вещества, соответствующую его простейшей формуле. (*Ответ:* CH_3COONa)
9. Найдите молекулярную формулу соединения, содержащего 43,4% натрия, 11,3% углерода и 45,3% кислорода (по массе). (*Ответ:* Na_2CO_3).

Занятие 4

Тема: Строение атома. Квантовые числа. Принципы заполнения атомных орбиталей электронами. Электронные и электронно-графические формулы. ПЗ и ПС в свете учения о строении атома. Зависимость свойств элементов от положения в ПС и строения их атома.

Учебно-целевые вопросы:

1. Элементарные частицы, образующие атомы элементов.
2. Чему равен заряд ядра атома данного элемента?
3. Из каких частиц состоят ядра атомов? Нуклоны.
4. Чему равны заряды и массы электрона, протона и нейтрона?
5. Что называется массовым числом?
6. Изотопы. Приведите примеры.
7. Характеристика электронов. Квантовые числа (главное, орбитальное, магнитное, спиновое), их значение. Понятие атомной орбитали.
8. Электронные, графические и электроннографические формулы атомов элементов.
9. Периодический закон и периодическая система элементов (ПСЭ) Д.И.Менделеева.
10. Зависимость свойств элементов от положения в периодической системе и строения их атомов.

Обучающие задания:

Задание №1. Определите относительную атомную массу бора, если известно, что массовая доля изотопа ^{10}B равна 19,6%, а ^{11}B – 80,4%.

Решение:

1) Изотопы – это атомы одного и того же химического элемента, имеющие разные массовые числа (одинаковое число протонов, но разное число нейтронов).

2) Средняя атомная масса смеси изотопов рассчитывается по формуле:

$$A_r = \frac{A_{r1} \cdot w_1 + A_{r2} \cdot w_2}{100}.$$

3) Рассчитываем среднюю атомную массу бора:

$$A_r(\text{B}) = \frac{10 \cdot 19,6 + 11 \cdot 80,4}{100} = 10,8 \text{ а.е.м.}$$

Ответ: 10,8 а.е.м.

Задание №2. Число валентных электронов в атомах изотопов хлора ^{35}Cl и ^{37}Cl равно _____ (Ответ запишите цифрой).

Решение:

Изотопы – атомы одного элемента, которые имеют разные массовые числа и отличаются только количеством нейтронов в ядрах их атомов. Следовательно, число валентных электронов в атомах изотопов хлора одинаково и равно **7**, так как строение внешнего электронного слоя его атомов $\dots 3s^2 3p^5$.

Ответ: 7.

Задание №3. Распределение электронов по орбиталям в основном состоянии атома определяется:

- 1) принципом наименьшей энергии 3) принципом Паули
2) правилом Хунда 4) всеми перечисленными выше принципами

Решение:

Принцип наименьшей энергии – в атоме каждый электрон располагается так, чтобы его энергия была минимальной (что отвечает наибольшей его связи с ядром).

Принцип Паули – в атоме не может быть двух электронов, у которых все четыре квантовых числа были бы одинаковы. Так, электроны с одинаковыми значениями n , l и m_l должны обязательно отличаться спинами, следовательно, на каждой орбитали максимально могут находиться два электрона с противоположными спинами: $\uparrow\downarrow$. —

Правило Хунда – при данном значении l (т.е. в пределах определенного подуровня) электроны располагаются таким образом, чтобы суммарный спин был максимальным: например, у азота на $2p$ -подуровне электроны располагаются по одному на каждой p -орбитали:

\uparrow \uparrow \uparrow – такая запись верна;
запись $\uparrow\downarrow$ — \uparrow является **неверной**.

Распределение электрона в атоме происходит в соответствии со всеми перечисленными принципами.

Ответ: 4.

Задание №4. Установите соответствие между химическим символом элемента и электронной формулой атома данного элемента в основном состоянии.

Символы элементов	Электронные формулы
1) S	А) $\dots 3d^5 4s^1$
2) Zn	Б) $\dots 3d^4 4s^2$
3) Cr	В) $\dots 3d^{10} 4s^2 4p^2$
4) Ge	Г) $\dots 3s^2 3p^4$
	Д) $\dots 3d^{10} 4s^2$
	Е) $\dots 3d^6$

Решение:

Порядковый номер серы в ПСЭ – 16, поэтому в атоме S – 16 электронов. Сера является элементом 3-го периода VI-A группы ПСЭ, следовательно, в ее атоме происходит заполнение 3-го электронного слоя, на котором находится 6 электронов (соответственно номеру группы). Электронная конфигурация внешнего слоя атома серы $3s^23p^4$ (ответ Г).

В атоме Zn всего 30 электронов. Цинк – элемент IV периода II-B группы, следовательно, в его атоме происходит заполнение 4-го электронного слоя. Заполненными в атоме являются 1, 2 электронные слои, содержащие соответственно 2, 8 электронов – в сумме 10. В 4-ом электронном слое атома находится $2\bar{e}$ (соответствует номеру группы). Следовательно, $18\bar{e}$, оставшихся из суммарных $30\bar{e}$ ($30 - 10 - 2 = 18$), расположены на $3d$ -подуровне, и его конфигурация $3s^23p^63d^{10}$. Следовательно, сокращенная электронная формула $\dots 3d^{10}4s^2$ (ответ Д).

В атоме хрома всего 24 электрона. Хром расположен в 4-м периоде VI-B группе ПСЭ. Так как Cr – элемент побочной подгруппы, в его атоме происходит заполнение $3d$ - и $4s$ -орбиталей. Всего валентных электронов в атоме хрома 6 (соответственно номеру группы). Можно было бы ожидать для атома Cr распределение электронов $3d^44s^2$, но следует **знать**, что в атоме Cr происходит проскок электронов с $4s$ - на $3d$ -подуровень и электронная конфигурация имеет вид: $\dots 3d^54s^1$ (ответ А).

Атом Ge располагается в IV периоде IV-A группы ПСЭ и имеет 32 электрона. Это p -элемент, на внешнем четвертом энергетическом слое которого содержится 4 электрона: два из них на $4s$ -орбитали и два – на $4p$ -орбитали. Следовательно, электронная формула внешнего уровня атома Ge – $\dots 4s^24p^2$.

Ответ:

1	2	3	4
Г	Д	А	В

Задание №5. Сколько p -электронов в ионе Cl^- ?**Решение:**

Электронная формула атома хлора Cl^0 : $1s^22s^22p^63s^23p^5$.

У любого аниона число электронов больше, чем у соответствующего атома на число отрицательных зарядов, так как анион образуется при присоединении электронов к атому.

Ион Cl^- содержит на один электрон больше, чем атом, и его электронная конфигурация: $Cl^- : 1s^22s^2\underline{2p^6}3s^2\underline{3p^6}$.

Общее число p -электронов (подчеркнуты) равно 12.

Ответ: 12 p -электронов

Задание №6. Напишите электронные формулы Fe, Fe²⁺, Fe³⁺.**Решение:**

Элемент железо – Fe:

порядковый номер – 26, заряд ядра +26, общее число электронов в атоме 26;

период – четвертый, атом имеет четыре энергетических уровня с подуровнями $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d, 4s$; в ПСЭ расположен в побочной подгруппе VIII группы, d -элемент.

На внешнем $4s$ -подуровне имеется два электрона, на предвнешнем $3d$ -подуровне, который заполняется последним, имеется 6 электронов.

Полная электронная формула атома железа: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$;

иона железа Fe²⁺: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^0$;

иона железа Fe³⁺: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^0$.

Положительно заряженные ионы образуются вследствие отрыва электронов с внешнего s -подуровня, а затем предвнешнего d -подуровня.

Задание №7. Определите емкость подуровня, для которого магнитное квантовое число принимает пять значений.

Решение:

Емкость подуровня – это максимальное число электронов на подуровне.

Максимальное число электронов на энергетическом уровне (X_n) составляет $2n^2$. Например, если $n = 1$, то $X_n = 2$, при $n = 2$, $X_n = 8$. Число подуровней на энергетическом уровне равно n , но не больше 4. Это означает, что на первом энергетическом уровне – один подуровень, на втором – два и т.д. Число орбиталей на подуровне определяется магнитным квантовым числом.

Из принципа Паули следует, что максимальное число электронов на всех орбиталях данного энергетического подуровня (X_i) = $2(2l + 1)$, следовательно, при $l = 0$ (s -подуровень), $X_i = 2$, при $l = 1$ (p -подуровень), $X_i = 6$, при $l = 2$ (d -подуровень), $X_i = 10$, при $l = 3$ (f -подуровень), $X_i = 14$.

Магнитное квантовое число для d -подуровня принимает пять значений. Для d -подуровня $l = 2$, поэтому емкость d -подуровня равна $2(2 \cdot 2 + 1) = 10$, следовательно, d -подуровень максимально вмещает 10 электронов.

Ответ: 10 электронов

Задание №8. Охарактеризуйте квантовыми числами 6 электронов, которые находятся на $3p$ -подуровне.

Решение:

На третьем уровне p -подуровне находится шесть $3p^6$ электронов $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$, которые можно охарактеризовать следующими квантовыми числами:
 $n = 3$; $l = 1$; $m = -1, 0, +1$; $s = +1/2, -1/2$.

Задание №9. Установите соответствие между частицей и ее электронной конфигурацией:

Частица

Электронная конфигурация

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1) Cl^- | А) $\dots 3d^3 4s^2$ |
| 2) Mg^{2+} | Б) $\dots 3s^2 3p^5$ |
| 3) Fe^{3+} | В) $\dots 3d^5 4s^0$ |
| 4) Mn^{2+} | Г) $\dots 3s^2 3p^6$ |
| | Д) $\dots 2s^2 2p^6$ |
| | Е) $\dots 3s^2 3p^2$ |

Решение:

У аниона число электронов больше, чем у соответствующего атома на число отрицательных зарядов ($\text{Э}^0 + n\bar{e} = \text{Э}^{n-}$).

У атома Cl на внешнем электронном уровне – 7 электронов ($\dots 3s^2 3p^5$). Ион Cl^- содержит на один электрон больше, следовательно, электронная конфигурация его внешнего слоя $\dots 3s^2 3p^6$ (Ответ Г).

Катионы образуются вследствие отрыва электронов от атома ($\text{Э}^0 - n\bar{e} = \text{Э}^{n+}$). У элементов главных подгруппы (*s*- и *p*-элементов) электроны отрываются с внешнего электронного слоя, у элементов побочных подгрупп (*d*-элементов) электроны отрываются сначала с внешнего *s*-подуровня, а затем с *d*-подуровня предвнешнего слоя.

Ион Mg^{2+} содержит на 2 электрона меньше, чем атом ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$), т.е. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^0$, а следовательно, внешними будут $\dots 2s^2 2p^6$ – электроны (Ответ Д).

Ион Fe^{3+} содержит на 3 электрона меньше, чем атом Fe^0 ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$), следовательно, электронная конфигурация иона будет выглядеть $\dots 3d^5 4s^0$ (Ответ В).

Ион Mn^{2+} содержит на 2 электрона меньше, чем атом Mn^0 ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$), следовательно, электронная конфигурация внешнего и предвнешнего уровней будет выглядеть $\dots 3d^5 4s^0$ (Ответ В).

Ответ:

1	2	3	4
Г	Д	В	В

Задание №10. Химическому элементу соответствует высший оксид состава RO_3 . Электронная конфигурация внешнего энергетического уровня атома этого элемента:

- 1) $ns^2 np^4$ 2) $ns^2 np^3$ 3) $ns^2 np^2$ 4) $ns^2 np^6$

Решение:

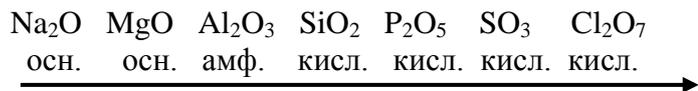
Необходимо определить к какой группе ПСЭ относится элемент, образующий высший оксид состава RO_3 . Поскольку в оксидах кислород проявляет постоянную валентность равную II, то высшая валентность элемента в оксиде $\overset{\text{VI}}{\text{R}}\text{O}_3$ равна шести.

Из вышесказанного следует, что это элемент VI группы ПСЭ и имеет 6 валентных электронов. Этому требованию соответствует элемент с электронной формулой $ns^2 np^4$.

Ответ: 1.

Задание № 11. Как изменяются свойства высших оксидов элементов III периода?

Решение:

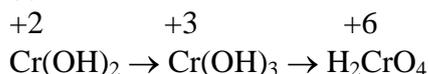


увеличиваются кислотные свойства, уменьшаются основные свойства

Задание № 12. Расположите гидроксиды в порядке возрастания их кислотных свойств: $\text{Cr}(\text{OH})_2$, H_2CrO_4 , $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Решение:

С увеличением степени окисления элемента усиливаются кислотные свойства их гидроксидов:



Задание № 13. Расположите элементы в порядке увеличения неметаллических свойств: O, S, P, Si.

Решение:

Неметаллические свойства по периоду слева направо увеличиваются, а по группе сверху вниз – уменьшаются: $\text{Si} \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{O}$.

Задание № 14. Электроотрицательность элементов возрастает слева направо по ряду:

1) S, Se, Te 2) B, Be, Li, Na 3) O, N, P, As 4) Ge, Si, S, Cl

Решение:

1. Электроотрицательность (ЭО) элементов возрастает в периоде слева направо, а в группе снизу вверх.

2. Согласно ПСЭ элементов в предложенных рядах видим, что только в ряду (4) элементы расположены в порядке увеличения ЭО, так как Ge и Si перечислены в порядке их расположения в группе снизу вверх, а Si, S, Cl – в порядке их расположения в периоде слева направо.

Ответ: Ge, Si, S, Cl

Задание № 15. В каком ряду химические элементы расположены в порядке уменьшения их атомного радиуса?

1) O, N, C, B 2) Be, Mg, Ca, Sr 3) Mg, Al, Si, P 4) Cl, S, P, Si.

Решение:

1. Атомный радиус элементов уменьшается в периоде ПСЭ слева направо, а в группе снизу вверх.

2. Посмотрев в ПСЭ, видим, что элементы первого и четвертого рядов, предложенных в ответах, расположены по периоду справа налево, т.е. в порядке увеличения атомного радиуса.

Элементы второго ряда относятся ко II-A группе и расположены в ПСЭ сверху вниз, следовательно, в порядке увеличения атомного радиуса.

В третьем ряду представлены элементы 3 периода ПСЭ, расположенные слева направо, т.е. в порядке уменьшения атомного радиуса.

Ответ: Mg, Al, Si, P

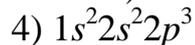
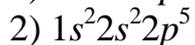
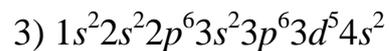
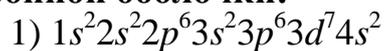
Задание № 16. Расположите соединения в порядке увеличения их основных свойств: KOH, Ca(OH)₂, Mg(OH)₂, Al(OH)₃, H₄SiO₄.

Решение:

Основные свойства гидроксидов усиливаются вниз по группе, уменьшаются по периоду слева направо:



Задание №17. Элемент, высший оксид которого R₂O₇, имеет строение электронной оболочки:



Решение:

В высшем оксиде $\overset{+7}{\text{R}}_2 \overset{-2}{\text{O}}_7$ элемент –R проявляет степень окисления +7, т.е. находится в VII группе ПСЭ и имеет семь валентных электронов. Элементы с электронными формулами (1) и (4) находятся в VIII и V группах, соответственно.

Электронную формулу (2) имеет атом фтора, но у фтора нет положительной степени окисления, следовательно, он не может образовать оксид. Для фтора $n = 2$, таким образом, электронами заполняются два энергетических уровня, возможности для распаривания электронов нет. Окислительная способность фтора настолько велика, что он может окислить кислород воды до свободного кислорода. В щелочной среде фтор окисляет кислород до OF₂ (дифторид кислорода), в котором степень окисления кислорода +2.

Элемент с электронной формулой (3) имеет 25 электронов – это Mn, находится в VII-B группе и проявляет высшую степень окисления +7.

Ответ: 3.

Задание №18. Электроотрицательность элементов возрастает слева направо по ряду:



Решение:

Необходимо обратиться к ПСЭ: электроотрицательность (ЭО) элементов возрастает в периоде слева направо, а в группе снизу вверх.

Анализ расположения в ПСЭ элементов в предложенных рядах показывает, что только в ряду (4) элементы расположены в порядке увеличения ЭО, так как Ge и Si перечислены в порядке их расположения в группе снизу вверх, а Si, S, Cl – в порядке их расположения в периоде слева направо.

Ответ: 4.

Задание №19. В каком ряду химические элементы расположены в порядке уменьшения их атомного радиуса?



Решение:

Атомный радиус s и p -элементов уменьшается в периоде ПСЭ слева направо, а в группе – снизу вверх.

Из ПСЭ, видно, что элементы первого и четвертого рядов, предложенных в ответах, расположены по периоду справа налево, т.е. в порядке увеличения атомного радиуса. Элементы второго ряда относятся ко II-A группе и расположены в ПСЭ сверху вниз, следовательно, в порядке увеличения атомного радиуса. В третьем ряду представлены элементы 3 периода ПСЭ, расположенные слева направо, т.е. в порядке уменьшения атомного радиуса.

Ответ: 3.

Задания для самостоятельного решения

- 1) Для атома элемента, находящегося в III периоде и II группе ПСЭ, укажите общее число электронов и их распределение по энергетическим уровням и подуровням.
- 2) Чему равен порядковый номер элемента, массовое число одного из изотопов которого 31, а число нейтронов 16? (*Ответ: 15*)
- 3) Определите число элементарных частиц в атоме наименее распространенного в природе изотопа хлора. (*Ответ: 17 протонов, 20 нейтронов, 17 электронов*)
- 4) Электронная оболочка атома содержит 34 электрона. Какой это элемент и чему равен заряд ядра атома? (*Ответ: Se, +34*).
- 5) Сколько электронов и протонов содержит молекула аммиака NH_3 ? (*Ответ: 10 \bar{e} , 10 p*)
- 6) Для какого катиона распределение электронов по энергетическим уровням соответствует ряду чисел 2, 8, 8? Приведите его электронную и электронографическую формулу.
- 7) По электронной формуле внешнего энергетического уровня атома определите, какой это элемент. Напишите его название, символ и порядковый номер: $2s^2 2p^4$, $4s^2 4p^6$, $3s^1$, $3s^2 3p^1$, $5s^2 5p^3$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$. К какому электронному семейству относится каждый из этих элементов?

Дополнительные задания

- 1) На каком энергетическом уровне и подуровне находится электрон, для которого $n = 3$, а $l = 1$? Какую форму имеет облако этого электрона? (*Ответ: 3 p*)
- 2) Чему равны все квантовые числа для двух электронов, которые находятся на 4s-подуровне? (*Ответ: 4, 0, 0, $\pm 1/2$*)
- 3) Какой элемент имеет в атоме три электрона, для каждого из которых $n = 3$ и $l = 1$? Чему равно m_l ? Как располагаются эти электроны на орбиталях?

- 4) Как изменяются в пределах одной и той же группы главной подгруппы с возрастанием атомного номера: а) радиус атома, б) электроотрицательность, в) число валентных электронов, г) число протонов в ядре, д) энергия ионизации?
Ответ: (а, г – увеличивается, б, д – уменьшается)
- 5) Расположите элементы в порядке возрастания: а) металлических свойств их простых веществ: цезий, барий, германий, стронций, кальций, б) неметаллических свойств их простых веществ: кислород, сера, теллур, селен, в) кислотных свойств: Al_2O_3 , N_2O_5 , V_2O_3 , CO_2 .
- 6) Выберите *s*-, *p*-, *d*-элементы из ряда: Ва, Мо, Cu, Al, S, Cl, He, Kr, Sr, Fe, Si, P, As, свой выбор обоснуйте.
- 7) Массовая доля хлора в хлориде элемента III группы ПСЭ равна 90,8%. Определите относительную атомную массу элемента. (*Ответ:* бор).
- 8) По положению в ПСЭ определите: а) более сильный окислитель – сера или фосфор? б) у селена или у мышьяка более выражены металлические свойства? Ответ обоснуйте. (*Ответ:* а) сера; б) у мышьяка)
- 9) Какой гидроксид, образуемый элементом 3-его периода ПСЭ, взаимодействует с оксидом кремния (IV) с образованием растворимой в воде средней соли? Составьте соответствующие уравнение реакции и приведите M_r гидроксида. (*Ответ:* NaOH, 40)

Занятие 5

Тема: Химическая связь. Ковалентная связь и ее свойства. Гибридизация АО. Пространственное строение молекул. Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь. Типы кристаллических решеток.

Учебно-целевые вопросы:

1. Пространственное строение молекул, валентный угол.
2. Понятие о гибридизации атомных орбиталей.
3. Как влияет тип гибридизации на форму молекул?
4. Какая связь называется ковалентной? Механизм образования ковалентной связи (обменный и донорно-акцепторный). Примеры.
5. Виды ковалентной связи (полярная, неполярная, σ и π -связи). Примеры.
6. Свойства ковалентной связи (длина связи, энергия связи, насыщенность, направленность, полярность, поляризуемость).
7. Что понимают под валентностью элемента с точки зрения теории химических связей? Чем определяются валентные возможности атомов?
8. Какая связь называется ионной? Между атомами каких элементов возникает ионная связь? Приведите примеры соединений с ионным типом связи.
9. Какую связь называют металлической? Что общего и чем отличается эта связь от ковалентной?

10. Какую связь называют водородной, ее разновидности, значение? Примеры.
11. Какие существуют типы кристаллических решеток?
12. Какие кристаллические решетки образуют вещества с ковалентной, ионной и металлической связью?
13. Как влияет тип кристаллической решетки на физические свойства веществ? Чем отличаются кристаллические вещества от аморфных?

Обучающие задания:

Задача № 1

Установите соответствие между веществом и типом его кристаллической решетки:

Вещество	Типы кристаллической решетки
1) CO_2	А) атомная
2) SiO_2	Б) ионная
3) Na_2O	В) металлическая
4) KNO_3	Г) молекулярная
5) Na	

Решение:

1. Кристаллические решетки различаются по видам химических частиц, находящихся в узлах решетки. Узлы молекулярной кристаллической решетки образованы молекулами. Поскольку межмолекулярные силы слабы, вещества с молекулярной решеткой летучи, легкоплавки. Молекулярную решетку имеет CO_2 (Ответ Г).
2. В атомных решетках атомы связаны ковалентной связью. Атомная решетка может быть построена атомами одного элемента (для простого вещества) или чередующимися атомами различных элементов (для сложных веществ). Вещества с атомной решеткой твердые, тугоплавкие, практически нерастворимые в воде. Примером вещества с атомной решеткой является SiO_2 (Ответ А).
3. Ионная решетка состоит из ионов противоположного знака. Ионы могут быть простыми (кристалл Na_2O) и сложными (кристалл KNO_3) (Ответ Б).
4. Металлическая решетка состоит из атомов и положительно заряженных ионов металлов (Na) – (Ответ В).

Ответ:

1	2	3	4	5
Г	А	Б	Б	В

Задача № 2

Между молекулами каких из перечисленных веществ образуются водородные связи?

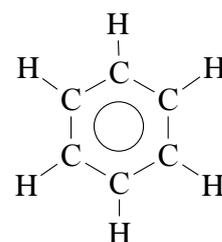
- 1) сероводород 2) бромоводород 3) вода 4) метан

Решение:

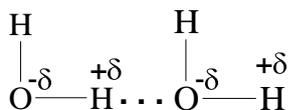
Водородная связь образуется между водородсодержащими молекулами самых электроотрицательных элементов (F, O, N). Следовательно, чтобы образовалась водородная связь, атом водорода должен быть связан с атомом фтора, кислорода или азота.

1. Изобразим строение молекул перечисленных веществ:

- 1) $\text{H}-\text{S}-\text{H}$ 2) $\text{H}-\text{Br}$ 3) $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ 4)



2. Сравнивая строение веществ, видим, что только в молекуле воды атомы водорода связаны с атомом кислорода, поэтому между молекулами воды образуется водородная связь:



Ответ: вода.

Задания для самостоятельного решения

- Из каких ионов состоят следующие вещества: CaS, KBr, Na₂S, CsF, Al₂O₃? Представьте схему образования этих молекул.
- Какой тип связи образуется между атомами с зарядом ядра +19 и +9? Представьте схему образования этой молекулы.
- Каждый из перечисленных ниже элементов способен образовывать ионы в химических реакциях. С помощью ПСЭ предскажите заряды наиболее распространенных ионов лития (Li), стронция (Sr), алюминия (Al), титана (Ti). Ответ обоснуйте.
- Установите соответствие между веществом и типом его кристаллической решетки, ответ поясните:

Вещество	Типы кристаллической решетки
1) C(алмаз)	А) атомная
2) C ₂ H ₅ OH	Б) ионная
3) CaO	В) металлическая
4) K ₂ SO ₄	Г) молекулярная

5) Fe

5. Изобразите схему образования частиц: $(\text{HF})_6$, $(\text{H}_2\text{O})_3$. Укажите типы связи в этих частицах.
6. Как изменяется температура кипения в ряду HF, HCl, HBr, HI? Ответ поясните.

Дополнительные задания

1. Составьте электронные и электронографические формулы самых активных металла и неметалла 3-го периода. Предложите схему взаимодействия этих элементов. Определите тип химической связи.
2. Определите степени окисления элементов в соединениях: KMnO_4 , Na_2MnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Na_2SO_4 , CH_4 , KClO_3 , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.
3. Чему равна валентность и степень окисления атома азота в молекуле азотной кислоты?
4. Чему равна валентность и степень окисления атома углерода в молекуле CO?
5. Чему равны высшие и низшие степени окисления: марганца и хлора; ванадия и фосфора; серы и хрома?
6. В каких соединениях содержатся связи, образованные по донорно-акцепторному механизму: 1)HCN, 2)[Ag(NH₃)₂]Cl, 3)NH₄NO₃, 4) Zn(OH)₂, 5)Na₂[Zn(OH)₄], 6)NH₃?

Занятие 6

Тема: Классификация химических реакций. Расчеты по ТХУ. ОВР, классификация, важнейшие окислители и восстановители. Метод электронного баланса. Влияние среды на протекание ОВР.

Учебно-целевые вопросы:

1. Что такое химическая реакция? Какие признаки положены в основу классификаций реакций?
2. Какие химические реакции являются обратимыми, а какие необратимыми? Признаки необратимости реакции.
3. Что называют тепловым эффектом реакции?
4. Как подразделяются реакции по тепловому эффекту?
5. В каких единицах выражается тепловой эффект реакции?
6. Что называют стандартным тепловым эффектом? Какие условия называются стандартными?
7. Что характеризует энтальпия?

8. Окислительно-восстановительные реакции, их классификация: межмолекулярные, внутримолекулярные, диспропорционирования. Медико-биологическая роль ОВР.
9. Важнейшие окислители и восстановители. Степень окисления.
10. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом электронного баланса.

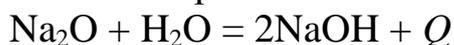
Обучающие задания:

Задача № 1

При взаимодействии 10 г оксида натрия с водой выделяется 36,46 кДж теплоты. Какое количество теплоты (кДж) выделилось, если в результате реакции образовалось 200 г гидроксида натрия?

Решение:

1. Запишем термохимическое уравнение реакции:



2. Определяем количество оксида натрия:

$$n(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{m}{M}; \quad n(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{10}{62} = 0,16 \text{ моль.}$$

3. Определяем количество гидроксида натрия, образовавшегося при растворении 10 г Na_2O : $n(\text{Na}_2\text{O}) : n(\text{NaOH}) = 1 : 2$ (по уравнению), следовательно, $n(\text{NaOH}) = 2 n(\text{Na}_2\text{O})$; $n(\text{NaOH}) = 2 \cdot 0,16 = 0,32$ моль.

4. Определяем количество гидроксида натрия, соответствующего 200 г

$$\text{NaOH: } n(\text{NaOH}) = \frac{200 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 5 \text{ моль.}$$

5. Определяем количество теплоты, выделившейся при образовании 5 моль NaOH:

при образовании 0,32 моль NaOH выделится 36,46 кДж,

а при образовании 5 моль NaOH выделится x кДж, что составляет:

$$x = \frac{5 \cdot 36,46}{0,32} = 569,7 \text{ кДж.}$$

Ответ: 569,7 кДж

Задача № 2

Термохимическое уравнение реакции горения углерода: $\text{C(к)} + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 393,5 \text{ кДж/моль}$. Какова масса (г) сгоревшего углерода, если в результате реакции выделилось 167600 кДж теплоты?

Решение:

1. Из анализа термохимического уравнения следует, что при сгорании 1 моль углерода выделяется 393,5 кДж, а по условию задачи, в результате реакции выделилось 167600 кДж.

2. Обозначим количество вещества сгоревшего углерода x моль и определим его: $x = \frac{167600}{393,5} = 425,9$ моль.

3. Рассчитаем массу сгоревшего углерода по формуле $m(C) = n(C) \cdot M(C)$:
 $m(C) = 425,9 \cdot 12 = 5111$ (г).

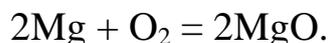
Ответ: 5111 г.

Задача № 3

Магний массой 6,08 г сожгли в кислороде. При этом выделилось 150,5 кДж теплоты. Определите энтальпию образования оксида магния, запишите термохимическое и термодинамическое уравнения.

Решение:

1. Запишем химическое уравнение реакции горения магния:



2. Находим количество вещества магния:

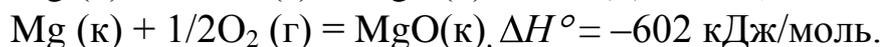
$$n(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})}; \quad n(\text{Mg}) = \frac{6,08}{24,32} = 0,25 \text{ моль.}$$

3. Для определения энтальпии образования оксида магния необходимо рассчитать количество теплоты, которое выделяется при сгорании 1 моль магния, а, следовательно, при образовании 1 моль оксида магния:

$$Q = \frac{150,5 \text{ кДж}}{0,25 \text{ моль}} = 602 \text{ кДж/моль.}$$

Теплота реакции равна энтальпии с обратным знаком $\Delta H_{\text{обр}}(\text{MgO}) = -Q$.

4. Запишем термохимическое и термодинамическое уравнения данной реакции:



Ответ: $\Delta H^\circ_{\text{обр}}(\text{MgO})(\text{к}) = -602 \text{ кДж/моль.}$

Задача № 4

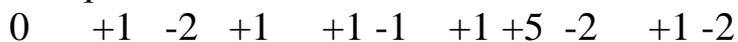
Составьте уравнение реакции, используя для расстановки коэффициентов метод электронного баланса.



Определите окислитель и восстановитель.

Решение:

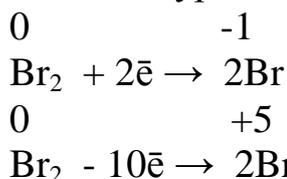
1. Определим степени окисления всех элементов:



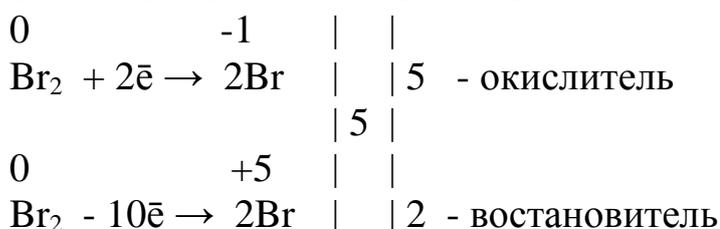
2. Определим какие элементы изменили свою степень окисления:

Br.

3. Запишем уравнения электронного баланса:



4. Уравняем количество отдаваемых и принимаемых электронов с указанием окислителя и восстановителя:



5. Перенесём полученные коэффициенты в исходную схему реакции:



6. Поставим оставшиеся коэффициенты в уравнение реакции:



Задача № 5

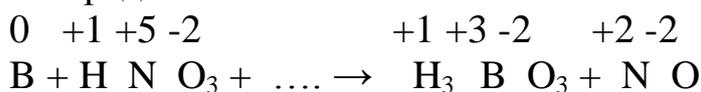
Составьте уравнение реакции, используя для расстановки коэффициентов метод электронного баланса.



Определите окислитель и восстановитель.

Решение:

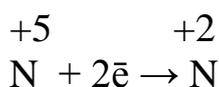
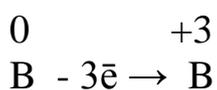
1. Определим степени окисления всех элементов:



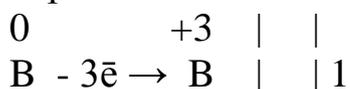
2. Определим какие элементы изменили свою степень окисления:

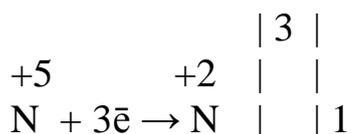
B и N.

3. Запишем уравнения электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя:



4. Уравняем количество отдаваемых и принимаемых электронов:





5. Перенесём полученные коэффициенты в исходное уравнение и допишем недостающее вещество:



Задача № 6

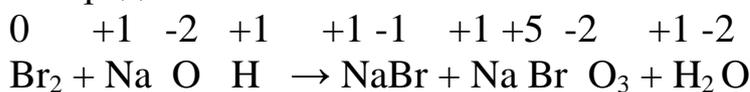
Составьте уравнение реакции, используя для расстановки коэффициентов метод электронного баланса.



Определите окислитель и восстановитель.

Решение:

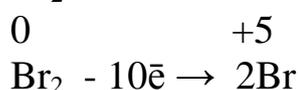
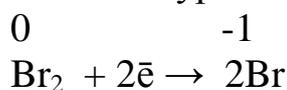
1. Определим степени окисления всех элементов:



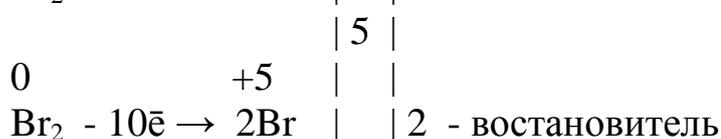
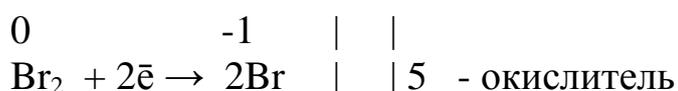
2. Определим какие элементы изменили свою степень окисления:

Br.

3. Запишем уравнения электронного баланса:



4. Уравняем количество отдаваемых и принимаемых электронов с указанием окислителя и восстановителя:



5. Перенесём полученные коэффициенты в исходную схему реакции:



6. Поставим оставшиеся коэффициенты в уравнение реакции:



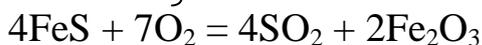
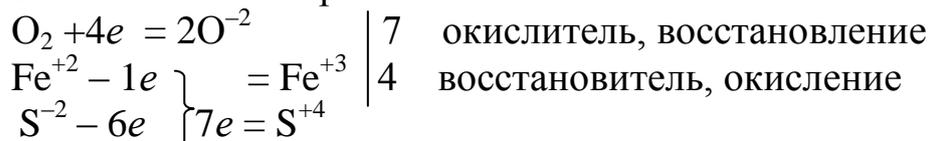
Задача № 7

Используя метод электронного баланса, составьте уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций: $\text{FeS} + \text{O}_2 \rightarrow$; $\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$.

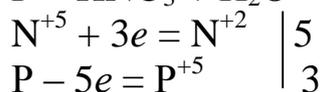
Решение:

- 1) O_2 – окислитель, восстанавливается до O^{-2} , а Fe^{+2} и S^{-2} – восстановители, окисляются до Fe^{+3} и S^{+4} , следовательно, можно записать следующие продукты: $\text{FeS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$

Записываем электронный баланс:



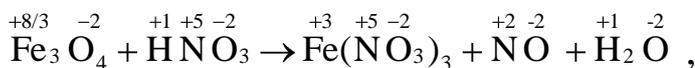
- 2) N^{+5} – окислитель, восстанавливается до N^{+2} , P – восстановитель, окисляется до P^{+5} .

**Задача № 8**

Чему равен коэффициент перед формулой продукта окисления в реакции, схема которой: $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$.

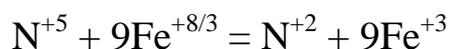
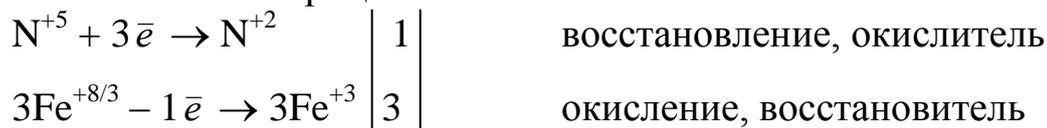
Решение:

- Fe_3O_4 – смешанный оксид $\overset{+2}{\text{Fe}}\text{O} \cdot \overset{+3}{\text{Fe}}_2\text{O}_3$, поэтому степень окисления железа равна $+8/3$;
- Определяем степени окисления атомов всех элементов в схеме реакции:



из которой теперь видно, что продуктом окисления является $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.

- Составляем схемы процессов окисления и восстановления



- Подставив найденные коэффициенты в схему реакции, получаем уравнение: $3\text{Fe}_3\text{O}_4 + 28\text{HNO}_3 = 9\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + 14\text{H}_2\text{O}$,

из которого видно, что коэффициент перед продуктом окисления –

Ответ: 9.

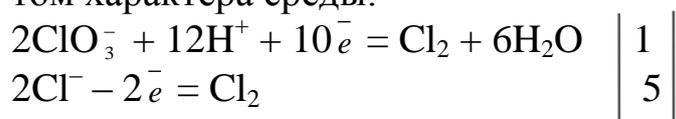
Задача № 9

Используя метод электронно-ионного баланса составьте полные уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций:

- 1) $\text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$; 2) $\text{Si} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;
 3) $\text{KNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$.

Решение:

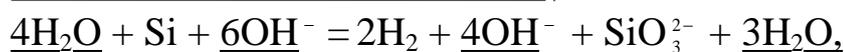
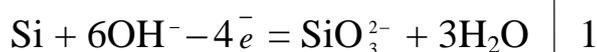
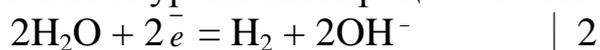
1. В уравнении (1) KClO_3 – окислитель, восстанавливается до Cl_2 ;
 Cl^- – восстановитель, окисляется до Cl_2 .
2. Записываем схему реакции: $\text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
3. Составляем уравнения процессов окисления и восстановления с учетом характера среды:



Внимание! В левой части уравнения процесса окисления взято два хлорид-иона, т.к. продуктом окисления является двухатомная молекула Cl_2 . Все коэффициенты в полученном молекулярно-ионном уравнении кратны 2, поэтому запишем уравнение в следующем виде:



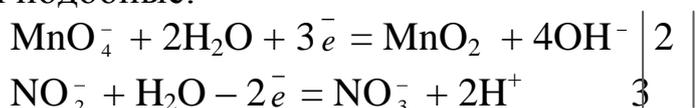
4. Переносим коэффициенты в молекулярное уравнение реакции:
 $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} = \text{KCl} + 3\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$.
5. В уравнении (2) H_2O – окислитель, восстанавливается до H_2 ;
 Si – восстановитель, окисляется в щелочной среде до SiO_3^{2-} :
 $\text{Si} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2$.
6. Составляем уравнения процессов окисления и восстановления:

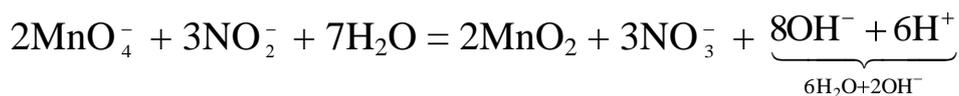


приводим подобные члены:



7. Переносим коэффициенты в молекулярное уравнение реакции:
 $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{Na}_2\text{SiO}_3$.
8. В уравнении (3) MnO_4^- – окислитель, восстанавливается в нейтральной среде до MnO_2 ; NO_2^- – восстановитель, окисляется до NO_3^- .
9. Записываем схему реакции: $\text{KNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{KNO}_3$.
10. Составляем уравнения процессов окисления и восстановления, приводим подобные:





11. Переносим коэффициенты в молекулярное уравнение реакции:
 $3\text{KNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2 + 3\text{KNO}_3 + 2\text{KOH}$.

Задания для самостоятельного решения

- По каждой из возможных классификаций определите типы реакций:
 - $\text{N}_{2(\text{r})} + 3\text{H}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(\text{r})}$, $\Delta H^\circ = -92$ кДж
 - $\text{N}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(\text{r})} - 180$ кДж
 - $2\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} \xrightleftharpoons{\text{V}_2\text{O}_5} 2\text{SO}_{3(\text{r})}$, $\Delta H < 0$
 - $\text{H}_{2(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons 2\text{HCl} + 184,5$ кДж.
- При сгорании 1 г серы выделяется 9,3 кДж тепла. Составьте термохимическое уравнение горения серы до оксида серы(IV) и рассчитайте стандартную теплоту образования оксида серы(IV).
 (Ответ: $-297,6$ кДж)
- Исходя из термохимического уравнения реакции горения угля
 $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 394$ кДж, рассчитайте сколько теплоты выделится при образовании 220 г оксида углерода(IV). (Ответ: -1970 кДж)
- Сколько теплоты выделится при участии в реакции 14,2 г хлора по уравнению: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} + 184,5$ кДж? (Ответ: $36,9$ кДж)
- При сжигании 3,6 г алюминия в кислороде выделяется 111,3 кДж теплоты. Вычислите стандартную теплоту образования оксида алюминия из простых веществ. (Ответ: -1661 кДж)
- Сколько кДж теплоты выделится при сгорании 1120 г оксида углерода(II) по уравнению: $\text{CO}_{(\text{r})} + 1/2\text{O}_{2(\text{r})} = \text{CO}_{2(\text{r})} + 283$ кДж?
 (Ответ: -11320 кДж)
- Методом электронного баланса подберите коэффициенты в схемах окислительно-восстановительных реакций:
 - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
 - $\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{KMnO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{NO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Дополнительные задания

- Какой объем метана (CH_4) надо сжечь, чтобы выделившейся теплоты хватило для получения 440 г оксида углерода(IV) из карбоната кальция? Реакции протекают по уравнениям:

$$\text{CH}_{4(\text{г})} + 2\text{O}_{2(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} + 982 \text{ кДж};$$

$$\text{CaCO}_{3(\text{тв})} = \text{CaO}_{(\text{тв})} + \text{CO}_{2(\text{г})} - 180 \text{ кДж.} \quad (\text{Ответ: } 41 \text{ л})$$
- При сжигании 1,2 г магния в кислороде выделилось 30,1 кДж теплоты. Вычислите тепловой эффект и напишите термохимическое уравнение реакции горения магния в кислороде. (*Ответ: 1204 кДж*)
- Исходя из термохимического уравнения $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO} + 1200 \text{ кДж}$, рассчитайте, сколько сгорело магния, если выделилось 900 кДж теплоты. (*Ответ: 36 г*)
- Определите, сколько теплоты выделится при взаимодействии 40,5 г ZnO с избытком алюминия по термохимическому уравнению:

$$3\text{ZnO} + 2\text{Al} = 3\text{Zn} + \text{Al}_2\text{O}_3 + 624 \text{ кДж.} \quad (\text{Ответ: } 104 \text{ кДж})$$
- При образовании 1 моль CuO из простых веществ выделяется 154,5 кДж теплоты. Сколько выделится теплоты при образовании 320 г CuO ? (*Ответ: 618 кДж*)
- Методом электронного баланса подберите коэффициенты в схемах окислительно-восстановительных реакций:
 - $\text{Mn}_3\text{O}_4 + \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Mn}$
 - $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2 \rightarrow \text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_7 + \text{KMnO}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Mn}_3\text{O}_4 + \text{KClO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KCl} + \text{CO}_2$
 - $\text{KClO}_3 + \text{S} \rightarrow \text{KCl} + \text{SO}_2$

Занятие 7

Тема: Скорость химических реакций. Факторы, влияющие на скорость химических реакций. Химическое равновесие. Принцип Ле-Шателье

Учебно-целевые вопросы:

- Что понимают под скоростью химических реакций? Математическое выражение скорости для гомогенных и гетерогенных реакций, единицы измерения.
- От каких факторов зависит скорость химических реакций?
- Объясните зависимость скорости химической реакции от природы реагирующих веществ.

4. Как зависит скорость химической реакции от концентрации реагирующих веществ? Напишите математическое выражение закона действия масс.
5. Как зависит скорость реакции от температуры? Напишите математическое выражение правила Вант-Гоффа. Что понимают под энергией активации?
6. Какие вещества называют катализаторами, как они влияют на скорость реакции?
7. Виды катализа, примеры.
8. Какие реакции называют обратимыми и необратимыми? Приведите примеры.
9. Что называют химическим равновесием? Почему химическое равновесие называется динамическим?
10. *Понятие о константе химического равновесия.*
11. Смещение химического равновесия при изменении концентрации реагирующих веществ, температуры и давления.
12. Суть принципа Ле-Шателье. Приведите примеры.

Обучающие задания:

Задача № 1

Вычислите среднюю скорость реакции, если начальная концентрация исходных веществ 6 моль/л, а через 2 мин. – 2 моль/л.

Решение:

$$v_{\text{ср.}} = \pm \frac{c_{\text{кон}} - c_{\text{нач}}}{\Delta\tau} \quad \text{или} \quad v_{\text{ср.}} = \left| \frac{\Delta c}{\Delta\tau} \right|; \quad v_{\text{ср.}} = \left| \frac{2 - 6}{2} \right| = 2 \text{ моль}/(\text{л} \cdot \text{мин}).$$

Ответ: средняя скорость реакции 2 моль/(л·мин).

Задача № 2

Напишите кинетическое уравнение для реакции:

$\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{г})$, допуская, что уравнение реакции отражает ее механизм.

Решение:

Кинетическое уравнение химической реакции показывает зависимость скорости процесса от концентрации компонентов реакционной смеси. Кинетическое уравнение может иметь сложный вид, но если уравнение реакции отражает ее механизм, то скорость является степенной функцией концентрации исходных веществ:

$$v = k \cdot c(\text{N}_2) \cdot c(\text{O}_2)$$

Задача № 3

Во сколько раз возрастет скорость реакции $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$, если концентрацию оксида углерода(II) увеличить в 5 раз?

Решение:

По закону действия масс скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению молярных концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях, равных коэффициентам в элементарных реакциях:

$$\nu = k \cdot c^2(\text{CO}) \cdot c(\text{O}_2). \text{ Если } c(\text{CO}) = a \text{ моль/л, а } c(\text{O}_2) = b \text{ моль/л, то}$$

$$\nu_1 = k \cdot a^2 \cdot b.$$

При увеличении концентрации CO в 5 раз скорость реакции станет равной $\nu_2 = k \cdot (5a)^2 \cdot b$. Значение константы скорости (k) в обоих случаях одно и то же. Сравнивая ν_1 и ν_2 , видим, что скорость возросла в 25 раз:

$$\frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{k \cdot (5a)^2 \cdot b}{k \cdot a^2 \cdot b} = 5^2 = 25.$$

Ответ: скорость реакции возрастет в 25 раз.

Задача № 4

Реакция образования оксида азота(IV) выражается уравнением:

$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$. Как изменится скорость прямой реакции, если увеличить давление в 2 раза?

Решение:

До воздействия скорость реакции описывается следующим кинетическим уравнением: $\nu_1 = k \cdot c^2(\text{NO}) \cdot c(\text{O}_2)$. Если $c(\text{NO}) = a$ моль/л, а $c(\text{O}_2) = b$ моль/л, то $\nu_1 = k \cdot a^2 \cdot b$. При увеличении давления в 2 раза во столько же раз увеличатся концентрации всех веществ. В этом случае: $\nu_2 = k \cdot (2a)^2 \cdot 2b$. Сравнивая ν_1 и ν_2 , видим, что скорость прямой реакции возрастает в 8 раз:

$$\frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{k \cdot (2a)^2 \cdot 2b}{k \cdot a^2 \cdot b} = \frac{k \cdot 8 \cdot a^2 \cdot b}{k \cdot a^2 \cdot b} = 8.$$

Ответ: скорость реакции возрастет в 8 раз.

Задача № 5

Константа скорости реакции $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}(\text{ж}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{COOH}(\text{ж})$ при 15°C равна $0,0454 \text{ мин}^{-1}$. Исходная концентрация уксусного ангидрида была равна $0,5$ моль/л. Чему будет равна скорость реакции в тот момент, когда концентрация уксусной кислоты станет равной $0,1$ моль/л?

Решение:

1. Учитывая, что вода в избытке, скорость данной реакции зависит только от концентрации ангидрида, поэтому кинетическое уравнение для данной реакции имеет вид:

$$v = k \cdot c(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}.$$

2. По уравнению реакции из 1 моль $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ образуется 2 моль CH_3COOH ; по условию задачи образуется 0,1 моль CH_3COOH , следовательно, прореагировало 0,05 моль $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$.
3. На момент, когда концентрация уксусной кислоты стала равной 0,1 моль/л, концентрация уксусного ангидрида уменьшилась: $c(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} = 0,5 - 0,05 = 0,45$ моль/л.
4. Константа скорости реакции от концентрации реагентов не зависит, поэтому: $v_{\text{р-ции}} = 0,0454 \cdot 0,45 = 0,0204$ моль/л·мин.

Ответ: скорость реакции в момент, когда $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,1$ моль/л составит 0,0204 моль/л·мин.

Задача № 6

Начальные концентрации веществ в реакции $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$ были равны (моль/л): $c(\text{CO}) = 0,5$; $c(\text{H}_2\text{O}) = 0,6$; $c(\text{CO}_2) = 0,4$; $c(\text{H}_2) = 0,2$. Вычислите концентрацию всех участвующих в реакции веществ после того, как прореагировало 60% воды.

Решение:

1. Примем объем системы за 1 литр, тогда количество веществ в начальный момент времени равно их концентрации. Определяем количество воды, которая вступила в реакцию, учитывая, что прореагировало 60%:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,6 \cdot 60\%}{100\%} = 0,36 \text{ моль.}$$

2. Определяем количество CO , которое вступило в реакцию с водой: по уравнению реакции $n(\text{CO}) = n(\text{H}_2\text{O})$; $n(\text{CO}) = 0,36$ моль.
3. Вычисляем количество реагентов CO и H_2O , оставшееся в системе после реакции:

$$n_{\text{ост}} = n_{\text{исх}} - n_{\text{прореаг}}$$

$$n(\text{CO})_{\text{ост}} = 0,5 - 0,36 = 0,14 \text{ моль;}$$

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{ост}} = 0,6 - 0,36 = 0,24 \text{ моль.}$$

4. Находим количество образовавшихся продуктов реакции: по уравнению $n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{O})$;
 $n(\text{H}_2)_{\text{обр}} = 0,36$ моль; $n(\text{CO}_2)_{\text{обр}} = 0,36$ моль.
5. Определяем количество продуктов реакции в системе к моменту окончания реакции: $n = n_{\text{исх}} + n_{\text{обр}}$;
 $n(\text{CO}_2) = 0,4 + 0,36 = 0,76$ моль; $n(\text{H}_2) = 0,2 + 0,36 = 0,56$ моль.

в) Увеличение температуры смещает равновесие влево, т.к. реакции нейтрализации относятся к экзотермическим.

Задача № 9

Как скажется на состоянии химического равновесия системы:



- а) увеличение концентрации метана;
- б) уменьшение концентрации угарного газа;
- в) уменьшение температуры?

Дайте обоснование влияния каждого из факторов.

Решение:

а) увеличение концентрации CH_4 смещает равновесие влево, т.к. приводит к увеличению скорости обратной реакции, в ходе которой он расходуется;

б) уменьшение концентрации оксида углерода смещает равновесие вправо, т.е. в сторону его образования;

в) уменьшение температуры смещает равновесие влево, так как это эндотермическая реакция.

Задания для самостоятельного решения

1. Напишите выражение закона действующих масс (кинетические уравнения) для следующих реакций, предварительно расставив коэффициенты, предполагая, что они являются простыми:



2. В результате некоторой реакции в единице объема в единицу времени, образовалось 3,4 г аммиака, а в результате другой реакции в тех же условиях – 3,4 г фосфина. Одинаковы ли скорости этих реакций?

3. Как изменится скорость прямой одностадийной реакции

$2\text{HI}_{(г)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(г)} + \text{I}_{2(г)}$, если концентрацию йодоводорода увеличить в 3 раза? (*Ответ:* увеличит в 9 раз)

4. Во сколько раз изменится скорость реакции $\text{HBr} + \text{HBrO} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$ при разбавлении реагирующей смеси в 6 раз?

(*Ответ:* уменьшить в 36 раз)

5. Напишите выражение для констант равновесия следующих процессов, предварительно расставив коэффициенты: $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$;



6. Объясните, почему химическое равновесие называется динамическим. В какую сторону сместится равновесие системы $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 + Q$ при: а) повышении концентрации кислорода; б) повышении концен-

трации оксида серы(VI); в) понижении концентрации оксида серы(IV); г) понижении температуры; д) повышении давления; е) при введении катализатора?

7. Во сколько раз следует увеличить концентрацию кислорода, чтобы при одновременном понижении температуры на 30°C ($\gamma = 2$) скорость реакции: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ осталась неизменной? (Ответ: 8 раз)

Дополнительные задания

1. Как изменится скорость прямой реакции $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, если давление в системе увеличить в 3 раза, а температуру оставить неизменной? (Ответ: увеличить в 27 раз)
2. Растворение образца железа в серной кислоте при 20°C заканчивается через 15 мин., а при 30°C такой же образец металла растворяется за 6 мин. За какое время данный образец железа растворяется при 35°C ? (Ответ: 3,8 мин.)
3. Рассчитайте, как изменится скорость реакции:

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$$
 а) повышении концентрации исходного вещества в 3 раза;
 б) повышении давления в 2 раза;
 в) понижении температуры на 30° ($\gamma = 3$).
 Предварительно расставьте коэффициенты в уравнении реакции.
 (Ответ: а) 81 раз, б) 16 раз, в) 27 раз)
4. Во сколько раз следует уменьшить концентрацию оксида азота(II), чтобы при одновременном увеличении концентрации кислорода в 9 раз скорость реакции $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ осталась неизменной?
 (Ответ: 3 раза)
5. При температуре 100°C реакция идет 60 мин. Сколько времени идет эта же реакция при 70°C , если температурный коэффициент равен 3?
 (Ответ: 27 часов)
6. Какие факторы способствуют смещению равновесия в сторону образования продуктов в реакциях:
 - а) $\text{CO}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{тв})} \rightleftharpoons 2\text{CO} - 72,6 \text{ кДж}$;
 - б) $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{тв})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{Fe}_{(\text{тв})} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} - 89,6 \text{ кДж}$;
 - в) $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{S}_{(\text{ж})} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + 20,9 \text{ кДж}$?
7. Как повлияет повышение давления в 2 раза на равновесие системы $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$? Во сколько раз изменяются при этом скорости прямой и обратной реакций? Изменяются ли константы скорости этих реакций? (Ответ: скорость прямой реакции увеличится в 8 раз, обратной в 4 раза)

Занятие 8

Тема: Растворы. Растворимость веществ в воде. Способы численного выражения состава растворов (массовая доля, молярная концентрация)

Учебно-целевые вопросы:

1. Вода, строение молекулы. Вода – универсальный растворитель.
2. Что такое раствор? Как классифицируют растворы по агрегатному состоянию?
3. Что общего и чем отличаются растворы от химических соединений и механических смесей?
4. Что называют растворимостью веществ? Как выражают ее количественно?
5. Как классифицируют вещества по растворимости в воде? Какие внешние факторы влияют на растворимость веществ?
6. Какие растворы называют насыщенными, ненасыщенными, пересыщенными, разбавленными, концентрированными?
7. Что такое гидраты (сольваты)? Гидратация (сольватация)? Какие вещества называются кристаллогидратами? Приведите примеры.
8. Что называется концентрацией раствора? Какие вы знаете способы выражения концентрации растворов.
9. Массовая доля растворенного вещества.
10. Дайте определение молярной концентрации вещества в растворе. Единицы измерения.
11. Что называют объемной долей растворенного жидкого вещества? Единицы измерения.

Обучающие задания:

Задача № 1

В 300 г раствора при 50°С содержится 81 г хлорида натрия. Рассчитайте растворимость соли при данной температуре и массовую долю хлорида натрия в растворе.

Решение:

Растворимость или коэффициент растворимости показывает, какая масса вещества при данной температуре растворяется в 100 г растворителя с образованием насыщенного раствора. Выражается формулой:

$$S(X) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ля}}} \cdot 100 \text{ (г/100 г растворителя).}$$

Находим массу растворителя: $m_{\text{(р-ля)}} = 300 - 81 = 219$ г и рассчитываем растворимость: $S(\text{NaCl}) = \frac{81}{219} \cdot 100 = 37$ г/100 г H₂O

$$\text{и массовую долю: } \omega(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{p-pa})} \cdot 100\% = \frac{81}{300} \cdot 100\% = 27\%.$$

Ответ: 37 г NaCl/100 г H₂O; 27% NaCl.

Задача № 2

Растворимость KNO₃ при 60°C составляет 110 г, а при 0°C – 15 г. Какая масса соли выпадает в осадок, если 840 г насыщенного при 60°C раствора охладить до 0°C?

Решение:

Определим, какая масса KNO₃ растворяется в 840 г раствора при 60°C:

$$110 = \frac{x}{840 - x} \cdot 100; \quad x = 440 \text{ г.}$$

Определим массу воды, в которой растворяется соль при 60°C:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 840 - 440 = 400 \text{ г.}$$

Рассчитаем массу соли, которая растворяется в 400 г воды при 0°C, так как масса воды в растворе при его охлаждении не изменяется:

$$15 = \frac{y}{400} \cdot 100; \quad y = 60 \text{ г.}$$

Следовательно, из 440 г взятой соли при охлаждении до 0°C в растворе останется 60 г, а остальная соль выделится из раствора в виде кристаллов:

$$m(\text{осадка}) = 440 - 60 = 380 \text{ г.}$$

Ответ: 380 г.

Задача № 3

Какую массу медного купороса CuSO₄·5H₂O и воды надо взять для приготовления 400 мл 25%-ного раствора сульфата меди(II), плотность раствора 1,2 г/мл?

Решение:

1. Рассчитываем массу CuSO₄, которая необходима для приготовления 400 мл 25%-ного раствора:

$$m(\text{CuSO}_4) = V_{(\text{p-pa})} \cdot \rho_{(\text{p-pa})} \cdot \omega(\text{CuSO}_4) = 400 \cdot 0,25 \cdot 1,2 = 120 \text{ г.}$$

2. Определяем количество вещества CuSO₄:

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{120}{160} = 0,75 \text{ моль.}$$

Из формулы медного купороса следует, что:

$$n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4), \text{ отсюда } n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,75 \text{ моль.}$$

3. Рассчитаем массу медного купороса, которую надо взять для приготовления раствора:

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,75 \cdot 250 = 187,5 \text{ г.}$$

4. Рассчитываем массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{(\text{p-ра})} - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = V_{\text{p-ра}} \cdot \rho_{\text{p-ра}} - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 400 \cdot 1,2 - 187,5 = 292,5 \text{ г.}$$

Ответ: 187,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 292,5 г H_2O .

Задача № 4

Какой объем аммиака (н.у.) необходим для приготовления 3 л раствора с массовой долей аммиака 10%, если плотность раствора 0,95 г/мл?

Решение:

1. Рассчитаем массу аммиака в растворе:

$$m(\text{NH}_3) = V_{(\text{p-ра})} \cdot \rho_{(\text{p-ра})} \cdot \omega(\text{NH}_3) = 3000 \text{ мл} \cdot 0,95 \text{ г/мл} \cdot 0,10 = 285 \text{ г.}$$

2. Определяем количество аммиака:

$$n(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{285 \text{ г}}{17 \text{ г/моль}} = 16,7 \text{ моль.}$$

3. Находим объем аммиака при н.у.: $V(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot V_m = 16,7 \cdot 22,4 = 374 \text{ л.}$

Ответ: 374 л NH_3 .

Задача № 5

Какие массы 95%-ного и 10%-ного растворов серной кислоты необходимо смешать для получения 170 г 25%-ного раствора?

Решение:

Пусть $m_1(\text{p-ра}) = x \text{ г}$, тогда $m_2(\text{p-ра}) = (170 - x) \text{ г}$. В этом случае можно выразить массы веществ следующим образом:

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,95x; \quad m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot (170 - x) = 17 - 0,1x.$$

$$\omega_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m_3(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_3(\text{p-ра})} = \frac{m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) + m_2(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_3(\text{p-ра})} = \frac{0,95x + 17 - 0,1x}{170};$$

$$0,25 = \frac{0,85x + 17}{170}; \quad x = 30;$$

$$m_1(\text{p-ра}) = 30 \text{ г}; \quad m_2(\text{p-ра}) = 170 - 30 = 140 \text{ г.}$$

Ответ: $m_1(\text{p-ра})$ 30 г; $m_2(\text{p-ра})$ 140 г.

Задача № 6

При смешивании 50 мл воды и 70 мл метилового спирта (пл.=0,8 г/мл), получили раствор с плотностью 0,9 г/мл. Определите объемную долю метилового спирта в растворе.

Решение:

1. При смешивании веществ объем раствора не равен сумме объемов растворенного вещества и растворителя. Поэтому сначала необходимо вычислить массу раствора. Определим массу воды и спирта:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 50 \text{ г};$$

$$m_{(\text{спирта})} = V_{(\text{спирта})} \cdot \rho_{(\text{спирта})} = 70 \text{ мл} \cdot 0,8 \text{ г/мл} = 56 \text{ г}.$$

2. Рассчитываем массу раствора и его объем:

$$m_{(\text{р-ра})} = m(\text{H}_2\text{O}) + m_{(\text{спирта})} = 50 + 56 = 106 \text{ г};$$

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho_{\text{р-ра}}} = \frac{106 \text{ г}}{0,9 \text{ г/мл}} = 117,8 \text{ мл}.$$

3. Определяем объемную долю спирта:

$$\varphi_{\text{спирта}} = \frac{V_{\text{спирта}}}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{70}{117,8} = 0,594 \text{ или } 59,4\%.$$

Ответ: 59,4%.

Задача № 7

К 300 мл раствора с массовой долей серной кислоты 20% (пл.=1,14 г/мл) прилили 250 мл воды. Определите молярную концентрацию и массовую долю серной кислоты в полученном растворе.

Решение:

1. Определяем массу 20%-ного раствора H_2SO_4 и массу H_2SO_4 в этом растворе:

$$m_1(\text{р-ра}) = V_1(\text{р-ра}) \cdot \rho_1(\text{р-ра}) = 300 \text{ мл} \cdot 1,14 \text{ г/мл} = 342 \text{ г};$$

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_1(\text{р-ра}) \cdot \omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 342 \cdot 0,20 = 68,4 \text{ г}.$$

2. Рассчитываем массу полученного раствора и массовую долю H_2SO_4 в этом растворе:

$$m_2(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m(\text{H}_2\text{O}) = m_1(\text{р-ра}) + V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 342 + 250 \cdot 1 = 592 \text{ г};$$

$$\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_2(\text{р-ра})} \cdot 100\% = \frac{68,4}{592} \cdot 100\% = 11,6\%.$$

3. Рассчитываем объем полученного раствора и его молярную концентрацию:

$$V_2(\text{р-ра}) = V_1(\text{р-ра}) + V(\text{H}_2\text{O}) = 300 + 250 = 550 \text{ мл} = 0,55 \text{ л};$$

$$c_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V_2(\text{р-ра})} = \frac{m_1(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_2(\text{р-ра})} = \frac{68,4}{98 \cdot 0,55} = 1,27 \text{ моль/л} = 1,27 \text{ М}.$$

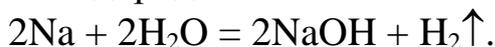
Ответ: 11,6% H_2SO_4 ; 1,27М H_2SO_4 .

Задача № 8

В воде массой 500 г растворили металлический натрий массой 2,3 г. Рассчитайте молярную концентрацию вещества в полученном растворе, если его плотность равна 1,09 г/мл.

Решение:

1. При растворении металлического натрия в воде протекает химическая реакция, в результате которой образуется гидроксид натрия и выделяется водород:



Следовательно, необходимо найти молярную концентрацию NaOH

в растворе: $c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{V_{(\text{р-ра})}}$.

2. Определяем количество вещества металлического натрия:

$$n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{23 \text{ г}}{23 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}.$$

Исходя из уравнения химической реакции рассчитываем количество вещества NaOH: $n(\text{NaOH}) = n(\text{Na}) = 0,1 \text{ моль}$.

3. Вычисляем массу полученного раствора и его объем:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}) - m(\text{H}_2);$$

$$n(\text{H}_2) = 1/2n(\text{Na}) = 0,05 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}_2) = 0,05 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ г};$$

$$m(\text{р-ра}) = 500 + 2,3 - 0,1 = 502,2 \text{ г}.$$

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho_{\text{р-ра}}} = \frac{502,2 \text{ г}}{1,09 \text{ г/мл}} = 461 \text{ мл} = 0,461 \text{ л}$$

4. Рассчитываем молярную концентрацию NaOH в полученном растворе:

$$c(\text{NaOH}) = \frac{0,1 \text{ моль}}{0,461 \text{ л}} = 0,217 \text{ моль/л} \text{ или } 0,217 \text{ М}.$$

Ответ: 0,217М.

Задания для самостоятельного решения

1. Коэффициент растворимости CaCl_2 в воде при 10°C равен 159 г на 100 г воды. Какая масса соли может раствориться в 750 г воды. (*Ответ:* 1192,5 г)
2. В воде массой 100 г при температуре 20°C растворяется гидроксид натрия массой 108,7 г. Какую массу NaOH и воды надо взять для приготовления насыщенного при температуре 20°C раствора щелочи массой 40 г? (*Ответ:* 20,8 г NaOH; 19,2 г H_2O)
3. При упаривании 150 мл раствора с массовой долей соли 0,1 и плотностью 1,10 г/мл из него было удалено 25 мл воды. Найти массовую долю соли в полученном растворе. (*Ответ:* 0,118)
4. Сколько воды надо добавить к 200 г 50%-ного раствора для получения 43%-ного раствора? (*Ответ:* 32,6 г)

5. Сколько л хлороводорода (н.у.) надо растворить в воде для получения 200 мл раствора с массовой долей соляной кислоты 20% (пл.=1,1 г/мл)? (Ответ: 27 л)
6. К 280 г насыщенного раствора KNO_3 , растворимость которого при данной температуре равна 40 г/100 г H_2O , добавили 120 г воды. Определите массовую долю KNO_3 в полученном растворе. (Ответ: 20%)
7. Сколько граммов раствора серной кислоты с массовой долей 10% требуется для нейтрализации 200 г раствора гидроксида калия с массовой долей 16,8%? (Ответ: 294 г)

Дополнительные задания

1. Сколько г хлорида натрия надо добавить к 200 г раствора с массовой долей хлорида натрия 3%, чтобы получить раствор с массовой долей соли 10%? (Ответ: 15,56 г)
2. Какой объем бромоводорода (н.у.) надо растворить в 240 г воды, чтобы получить 20%-ный раствор бромоводородной кислоты? (Ответ: 16,576 л)
3. В каком объеме воды надо растворить 100 г гидроксида натрия для получения раствора с массовой долей гидроксида натрия 5%? (Ответ: 1900 г)
4. К воде массой 40 г прилили ацетон объемом 100 мл и получили раствор с плотностью 0,88 г/мл. Определите объемную долю ацетона в растворе, если плотность ацетона 0,79 г/мл. (Ответ: 74%)
5. К этиловому спирту объемом 90 мл (пл. 0,8 г/мл) прилили 160 мл воды (пл. 1 г/мл) и получили раствор плотностью 0,9 г/мл. Вычислите объемную долю этанола в растворе. (Ответ: 34,9%)
6. Какой объем раствора с массовой долей карбоната натрия 0,15 (пл. 1,16 г/мл) надо взять для приготовления 120 мл раствора с концентрацией 0,45М? (Ответ: 32,9 мл)
7. Коэффициент растворимости соли при 80°C равен 50 г/100 г H_2O , а при 20°C – 20 г/100 г H_2O . Определите массу осадка, полученного из 700 г, насыщенного при 80°C раствора при его охлаждении до 20°C. (Ответ: 140 г)

Занятие 9

Тема: Основные положения теории электролитической диссоциации (ТЭД). Диссоциация кислот, солей, оснований в водных растворах. Реакции ионного обмена в водных растворах электролитов. Гидролиз солей.

Учебно-целевые вопросы:

1. Дайте определение электролитам и неэлектролитам. Приведите примеры.
2. Что называется электролитической диссоциацией?
3. Каковы основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса?
4. Каков механизм электролитической диссоциации для веществ с разным типом химической связи?
5. Что называется степенью диссоциации? От чего она зависит?
6. Как диссоциируют в водных растворах кислоты, основания и соли?
7. Вода как очень слабый электролит. Ионное произведение воды.
8. Какова зависимость среды от концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов? Что такое рН и рОН?
9. Что называют гидролизом солей? В чем причина гидролиза солей?
10. Случаи обратимого гидролиза: по катиону, по аниону, по катиону и по аниону.
11. Полный необратимый гидролиз. Совместный гидролиз.
12. Биологическая роль гидролиза.

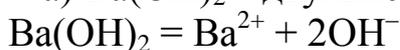
Обучающие задания:

Задача № 1

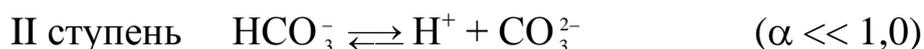
Какие из следующих электролитов при диссоциации образуют катионы водорода: Ва(ОН)₂, КНСО₃, Ве(ОН)₂, Н₂SO₄, FeОНCl₂?

Решение:

а) Ва(ОН)₂ – двухкислотное сильное основание:

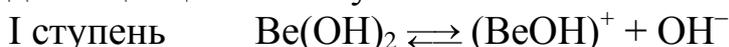


б) КНСО₃ – кислая соль, диссоциирует ступенчато.

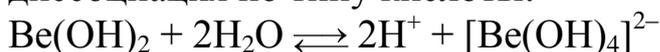


в) Ве(ОН)₂ – амфотерный гидроксид, диссоциирует по типу основания и кислоты:

диссоциация по типу основания:



диссоциация по типу кислоты:



г) H_2SO_4 – двухосновная кислота, диссоциирует ступенчато:



д) FeOHCl_2 – основная соль, диссоциирует ступенчато:



Ответ: ионы водорода образуются при диссоциации: KHCO_3 , $\text{Be}(\text{OH})_2$, H_2SO_4 .

Задача № 2

1 л 0,1М раствора HNO_2 содержит $6,15 \cdot 10^{22}$ недиссоциированных молекул и образовавшихся ионов. Определите степень диссоциации азотистой кислоты.

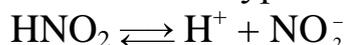
Решение:

Определим количество недиссоциированных молекул и образовавшихся ионов:

$$n_{(\text{частиц})} = \frac{N}{N_A} = \frac{6,12 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,10216 \text{ моль.}$$

$\text{HNO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$. Пусть продиссоциировало x моль молекул HNO_2 .

В соответствии с уравнением электролитической диссоциации:



$$n_{\text{дис.}}(\text{HNO}_2) = n(\text{H}^+) = n(\text{NO}_2^-) = x \text{ моль.}$$

Количество недиссоциированных молекул HNO_2 будет равно:

$$n_{\text{недис.}}(\text{HNO}_2) = n_{\text{общ.}}(\text{HNO}_2) - n_{\text{дис.}}(\text{HNO}_2) = (0,1 - x) \text{ моль.}$$

Общее число частиц в растворе складывается из числа образовавшихся ионов H^+ и NO_2^- , а также недиссоциированных молекул HNO_2 :

$$n_{(\text{частиц})} = n(\text{H}^+) + n(\text{NO}_2^-) + n_{\text{недис.}}(\text{HNO}_2) = x + x + (0,1 - x) = 0,1 + x;$$

$$0,1 + x = 0,10216; x = 0,00216 \text{ моль.}$$

Рассчитаем степень диссоциации:

$$\alpha = \frac{n_{\text{дис.}}(\text{HNO}_2)}{n_{\text{общ.}}(\text{HNO}_2)} = \frac{0,00216}{0,1} \cdot 100\% = 2,16\% .$$

Ответ: 2,16%.

Задача № 3

В водном растворе концентрация ионов водорода H^+ равна 10^{-3} моль/л при 25°C . Определите концентрацию ионов OH^- в этом растворе.

Решение:

Исходя из ионного произведения воды $K(\text{H}_2\text{O}) = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$, находим

$$[\text{OH}^-] = \frac{K(\text{H}_2\text{O})}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ моль/л.}$$

Задача № 4

Вычислите pH водного раствора в 0,01М растворе КОН ($\alpha \approx 1$). Как изменится цвет фенолфталеина в этом растворе?

Решение:

Находим концентрацию OH^- -ионов в 0,01М растворе КОН:

$[\text{OH}^-] = [\text{KOH}] = 0,01$ моль/л, так как α КОН в водном растворе равна 1.

Определяем концентрацию ионов H^+ : $[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12}$ моль/л.

Определяем водородный показатель: $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-12} = 12$.

Среда раствора щелочная, так как $\text{pH} > 7$.

Фенолфталеин в щелочной среде окрашивается в малиновый цвет.

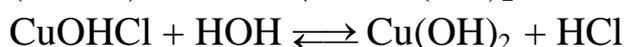
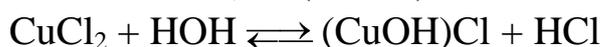
Задача № 5

Для гидролизующихся веществ написать уравнения реакций гидролиза:

CuCl_2 , Na_2CO_3 , CrS , Cr_2S_3 , NaCl , тристеарид, глицилглицин, этилэтаннат.

Решение:

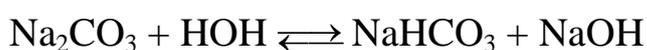
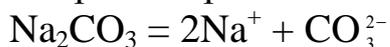
а) CuCl_2 – соль, растворимая в воде, образована катионом слабого основания и анионом сильной кислоты, подвергается гидролизу. Гидролиз протекает по катиону слабого основания:

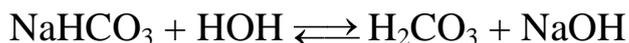
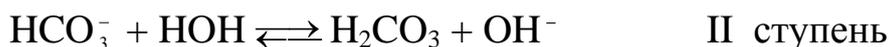


При обычных условиях гидролиз протекает преимущественно по I ступени.

б) Na_2CO_3 – соль, растворимая в воде, образована катионом сильного основания и анионом слабой кислоты, подвергается гидролизу.

Гидролиз протекает по аниону слабой кислоты:





в) CrS – труднорастворимая соль, не гидролизуется из-за низкой концентрации ионов в водном растворе.

г) Cr_2S_3 – соль, образована слабым нерастворимым в воде основанием и слабой, летучей кислотой. В водном растворе соль не существует, так как подвергается **полному гидролизу**: $\text{Cr}_2\text{S}_3 + 6\text{HOH} \rightarrow 2\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2\text{S} \uparrow$.

д) NaCl – соль растворима в воде, образована катионом сильного основания и анионом сильной кислоты. Гидролизу не подвергается.

Задача № 6

Установите соответствие между названием соли и реакцией среды в водном растворе.

Название соли

- 1) Хлорид цинка
- 2) Хлорид калия
- 3) Силикат натрия
- 4) Нитрат калия

Реакция среды

- А) Кислая
- Б) Нейтральная
- В) Щелочная

Решение:

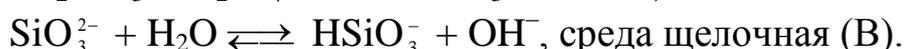
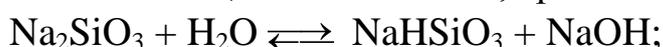
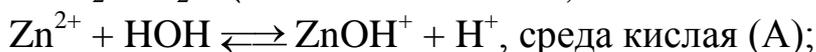
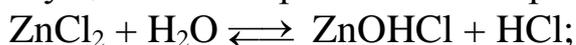
1. Реакция среды в водном растворе соли зависит от того, подвергается ли данная соль гидролизу и как реакция гидролиза протекает.

Гидролизу подвергаются соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой (в задании это хлорид цинка); сильным основанием и слабой кислотой (в задании это силикат натрия); слабым основанием и слабой кислотой (таких солей в задании нет).

Соли, образованные сильной кислотой и сильным основанием, гидролизу не подвергаются и характер водной среды не меняют. Такими солями в задании являются **хлорид калия (2)** и **нитрат калия (4)**, следовательно, в водных растворах этих солей среда **нейтральная (Б)**.

2. Для определения реакции среды в растворах остальных солей необходимо написать уравнения процессов гидролиза.

Обратите внимание! Гидролиз – процесс обратимый (и в левой, и в правой частях уравнения гидролиза есть слабый электролит), гидролиз преимущественно протекает по первой ступени:



Правильный ответ:

1	2	3	4
---	---	---	---

А	Б	В	Б
---	---	---	---

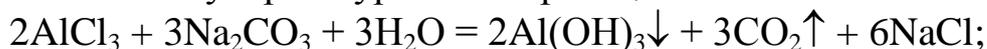
Задача № 7

Что произойдет при сливании растворов хлорида алюминия и карбоната натрия? Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения данной реакции.

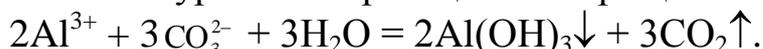
Решение:

Соль $AlCl_3$ образована слабым основанием и сильной кислотой, а соль Na_2CO_3 образована сильным основанием и слабой кислотой. Казалось бы в результате данной реакции должен образоваться карбонат алюминия, но такая соль в водном растворе не существует, поэтому вместо нее образуются продукты полного гидролиза.

Запишем молекулярное уравнение реакции:

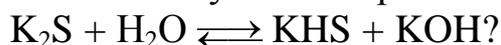


Запишем уравнение реакции в сокращенном ионном виде:



Задача № 8

Как можно усилить протекание следующей реакции в растворе:



Решение:

Равновесия, которые устанавливаются в растворах гидролизующихся солей, могут смещаться в ту или иную сторону в соответствии с принципом Ле Шателье. На положение равновесия и глубину протекания гидролиза влияют температура, концентрация соли и добавление в раствор соли небольших количеств сильных кислот или сильных оснований.

Рассмотрим влияние различных факторов на смещение гидролитического равновесия.

а) Гидролиз является эндотермической реакцией, поэтому для усиления гидролиза раствор соли надо нагреть;

б) Разбавление растворов солей смещает равновесие вправо, т.е. усиливает гидролиз;

в) Добавление небольшого количества сильной кислоты (H^+) вызывает усиление гидролиза данной соли, т.к. введенные ионы водорода связывают гидроксид-ионы, образующиеся в результате гидролиза.

Ответ: усилить гидролиз данной соли возможно повышая температуру, разбавляя раствор и добавляя сильную кислоту.

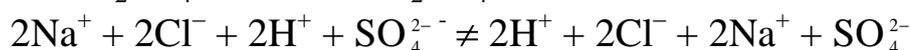
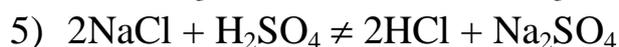
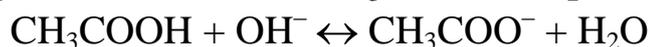
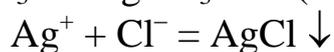
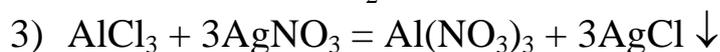
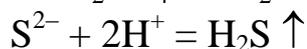
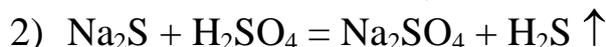
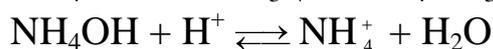
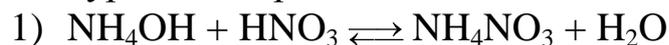
Задача № 9

Между какими из указанных веществ реакции протекают до конца, какие реакции являются обратимыми, какие – в растворе не протекают? Почему?



Решение:

Составим для указанных веществ молекулярные и сокращенные ионные уравнения реакций:



Реакции 2 и 3 являются необратимыми, так как в результате реакций один из продуктов уходит из сферы реакции: в виде газа – H_2S и в виде осадка – AgCl . Реакции 1 и 4 являются обратимыми, так как среди исходных веществ и продуктов реакции имеются слабые электролиты. Реакция 5 в водном растворе не протекает, так как исходные вещества являются сильными электролитами, которые при взаимодействии не образуют малорастворимые или малодиссоциирующие вещества. При смешивании этих веществ в растворе находится смесь ионов.

Задания для самостоятельного решения

1. Составьте уравнения диссоциации следующих электролитов: $\text{Ba}(\text{OH})_2$; $\text{Mg}(\text{OH})_2$; $\text{Al}(\text{OH})_3$; HNO_3 ; H_2CO_3 ; H_2SO_4 ; KHCO_3 ; $(\text{FeOH})_2\text{SO}_4$.
2. Составьте уравнения диссоциации следующих электролитов: $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$; $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$; K_2HPO_4 ; Na_2S ; $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; H_2SO_3 ; $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Какие из этих электролитов образуют в растворе гидроксид-ионы?
3. Определите молярную концентрацию гидроксид-ионов: а) в растворе с $\text{pH} = 4$; б) в растворе с $\text{pH} = 12$; в) в 0,001М растворе NaOH ($\alpha = 1$); г) в 0,001М растворе $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ($\alpha = 1$); д) в 0,002М растворе HNO_3 ($\alpha = 1$); е) в 0,002М растворе H_2SO_4 ($\alpha = 1$).
4. К раствору, содержащему 50 г азотной кислоты, добавили 50 г KOH . Какова среда полученного раствора: кислая, нейтральная, щелочная?

5. К водному раствору, содержащему 3,17 г хлорида хрома(III) прилили раствор, содержащий 3,85 г сульфида калия. Какое вещество образуется? Какова его масса? (*Ответ: 2,06 г*).
6. Установите соответствие между названием соли и ее способностью к гидролизу.

<i>Название соли</i>	<i>Способность к гидролизу</i>
А) карбонат натрия	1) гидролиз по катиону
Б) хлорид аммония	2) гидролиз по аниону
В) сульфат калия	3) гидролиз по катиону и аниону
Г) сульфид алюминия	4) гидролизу не подвергается

7. Могут ли в растворе одновременно находиться следующие пары веществ: NaOH и P₂O₅; Ba(OH)₂ и SO₂; KOH и NaOH; KOH и Zn(OH)₂; NaHSO₄ и BaCl₂; HCl и Al(NO₃)₃? Ответ подтвердите соответствующими уравнениями реакций.

Дополнительные задания

- Вычислите массу катионов и анионов в 500 мл 0,3М раствора нитрата бария. (*Ответ: 20,55 г, 18,6 г*)
- Определите общее число частиц в растворе, содержащем 0,1 моль слабой одноосновной кислоты, если степень ее диссоциации равна 2%. (*Ответ: 6,14·10²²*)
- Смешали 50 мл раствора с концентрацией HCl 0,2 моль/л и 300 мл раствора с концентрацией HCl 0,02 моль/. Вычислите pH полученного раствора, принимая, что степень диссоциации HCl равна 0,9. (*Ответ: pH = 1,38*)
- Установите соответствие между формулой соли и средой раствора этой соли.

<i>Формула соли</i>	<i>Среда раствора</i>
А) LiCl	1) кислая
Б) FeCl ₃	2) щелочная
В) KNO ₃	3) нейтральная
Г) Al ₂ (SO ₄) ₃	

- Закончите уравнения следующих реакций гидролиза и расставьте коэффициенты: Al₂(SO₄)₃+Na₂SO₃+H₂O → ; AlCl₃+(NH₄)₂S+H₂O → ; FeCl₃+K₂CO₃+H₂O → ; CuSO₄+Na₂CO₃+H₂O → (CuOH)₂CO₃+ ... ; Cr₂(SO₄)₃+Na₂S+H₂O → .
- Запишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме на основании сокращенных ионных уравнений:
 - Ca²⁺ + CO₃²⁻ → CaCO₃↓;
 - б) Cu²⁺ + S²⁻ = CuS;
 - в) H⁺ + OH⁻ = H₂O;
 - г) 2H⁺ + SO₃²⁻ = H₂O + SO₂↑;
 - д) Mg(OH)₂ + 2H⁺ = Mg²⁺ + 2H₂O;
 - е) Fe³⁺ + 3OH⁻ = Fe(OH)₃↓.

Занятие 10

Тема: Оксиды, классификация, химические свойства, способы получения. Основания, классификация, номенклатура, химические свойства, способы получения. Амфотерные гидроксиды.

Учебно-целевые вопросы:

1. Назовите важнейшие классы сложных неорганических веществ.
2. Оксиды: определение, номенклатура.
3. Классификация оксидов: несолеобразующие, солеобразующие, основные, амфотерные, кислотные.
4. Способы получения оксидов.
5. Химические свойства солеобразующих оксидов.
6. Классификация кислот по составу, основности, способности к диссоциации. Графические формулы кислот.
7. Классификация оснований по растворимости и кислотности.
8. Графические формулы и номенклатура оснований.
9. Важнейшие способы получения оснований.
10. Химические свойства оснований.
11. Амфотерные гидроксиды. Особенности диссоциации амфотерных гидроксидов в кислой и щелочной средах.
12. Химические свойства и способы получения амфотерных гидроксидов.

Обучающие задания:

Задача № 1

Установите соответствие между оксидом и характером свойств соответствующего ему гидроксида.

Оксид

1) As_2O_5

2) BeO

3) Cl_2O_7

4) MgO

Характер свойств гидроксида

А) кислотный

Б) амфотерный

В) основной

Решение:

Неметаллы образуют кислотные оксиды, следовательно, As_2O_5 и Cl_2O_7 – кислотные оксиды.

Кислотные оксиды – это оксиды, гидратами которых являются кислоты. Оксидам As_2O_5 и Cl_2O_7 соответствуют кислотные гидроксида (ответ А).

BeO – амфотерный оксид, ему соответствует амфотерный гидроксид (ответ Б).

MgO – основной оксид, которому соответствует основной гидроксид (ответ В).

Ответ

1	2	3	4
А	Б	А	В

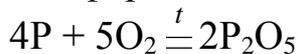
Задача № 2

Установите соответствие между простым веществом и общей формулой кислородного соединения, который образуется при его полном сгорании.

<i>Вещество</i>	<i>Общая формула кислородного соединения</i>
1) фосфор	А) Э ₂ О
2) натрий	Б) Э ₂ О ₂
3) сера	В) ЭО
4) хром	Г) Э ₂ О ₃
	Д) ЭО ₂
	Е) Э ₂ О ₅

Решение:

Фосфор – элемент VA группы, его высший оксид P₂O₅ (ответ Е).



При взаимодействии натрия с кислородом преимущественно образуется пероксид натрия $2Na + O_2 \xrightarrow{t} Na_2O_2$ (ответ Б).

S + O₂ \xrightarrow{t} SO₂ (ответ Д);



Ответ

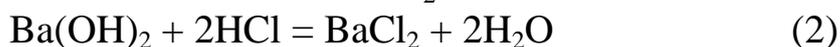
1	2	3	4
Е	Б	Д	Г

Задача № 3

3,82 г смеси гидроксида натрия и гидроксида бария растворены в 71,18 мл воды. Для полной нейтрализации полученного раствора потребовалось 12,5 мл 4М раствора хлороводородной кислоты. Определить массовую долю гидроксида бария в исходном растворе.

Решение:

При добавлении HCl происходят следующие реакции:



Найдем количество вещества HCl:

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{p-ра}) = 4 \text{ моль/л} \cdot 0,0125 \text{ л} = 0,05 \text{ моль.}$$

Пусть в смеси было x моль NaOH и y моль Ba(OH)₂. Масса смеси равна:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{NaOH}) + m(\text{Ba(OH)}_2) = x \cdot 40 + y \cdot 171 = 3,82 \text{ г.}$$

В реакции (1) и (2) вступило $(x + 2y)$ моль HCl: $x + 2y = 0,05$.

Решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 40x + 171y = 3,82 \\ x + 2y = 0,05 \end{cases}$$

$$x = 0,01 \text{ моль} = n(\text{NaOH});$$

$$y = 0,02 \text{ моль} = n(\text{Ba(OH)}_2); \quad m(\text{Ba(OH)}_2) = 0,02 \cdot 171 = 3,42 \text{ г.}$$

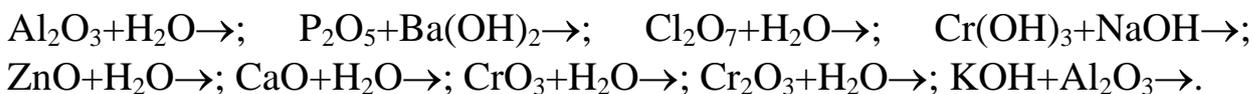
Найдем массовую долю Ba(OH)₂ в исходном растворе:

$$\omega(\text{Ba(OH)}_2) = \frac{m(\text{Ba(OH)}_2)}{m_{\text{p-ра}}} = \frac{m(\text{Ba(OH)}_2) \cdot 100\%}{m(\text{смеси}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{3,42 \cdot 100\%}{3,82 + 17,18} = 4,56\%.$$

Ответ: 4,56% Ba(OH)₂.

Задания для самостоятельного решения

1. Оксид азота содержит 30,43% азота и 69,57% кислорода. Плотность оксида по водороду 23. Выведите формулу оксида.
2. В 50 г воды растворили 18,8 г оксида калия. Определите массовую долю гидроксида калия в полученном растворе. (Ответ: 32,56%)
3. Какая масса цинка может прореагировать с соляной кислотой объемом 50 мл (пл. 1,14 г/мл) и массовой долей соляной кислоты 0,2? Какой объем водорода (н.у.) выделится? (Ответ: 9,8 г; 3,4 л)
4. К 100 г раствора с массовой долей сульфата алюминия 3,42% прилили 200 г раствора с массовой долей гидроксида натрия 1,4%. Вычислите массу выпавшего осадка. (Ответ: 0,78 г)
5. Составьте уравнения следующих реакций или укажите, что они невозможны:



Дополнительные задания

1. Закончите уравнения реакций:

$$\text{SrO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow; \quad \text{Cs}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow; \quad \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow; \quad \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow;$$

$$\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow; \quad \text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow;$$

$$\text{ZnO} + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow; \quad \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow.$$
2. С какими из следующих веществ будет реагировать оксид серы(IV): MgO, LiCl, KNO₃, KOH, ZnO, H₂O? Напишите уравнения соответствующих реакций.

3. Будет ли раствор нейтральным, если к 100 мл 0,05М раствора серной кислоты прилить 50 г 1%-ного раствора гидроксида натрия? Приведите расчет.
4. Через известковую воду пропустили смесь угарного и углекислого газов объемом 2 л. Выпавший при этом осадок отфильтровали, высушили и прокалили. Масса твердого остатка после прокаливания 1,372 г. Определите объемные доли газов в исходной смеси. (*Ответ: 0,73 CO; 0,27 CO₂*)
5. Слили растворы, содержащие 80 г гидроксида бария и 56,8 г сульфата натрия. Выделенный после фильтрования и просушивания твердый продукт реакции имел массу 80 г. Каков выход продукта реакции от теоретического? (*Ответ: 85,8%*)

Занятие 11

Тема: Кислоты, классификация, номенклатура, химические свойства, способы получения. Соли, классификация, номенклатура, химические свойства, способы получения.

Учебно-целевые вопросы:

1. Номенклатура кислот.
2. Основные способы получения кислот.
3. Важнейшие химические свойства кислот (взаимодействие с металлами, основными оксидами, основаниями и солями).
4. Классификация солей по составу.
5. Графические формулы и номенклатура.
6. Химические свойства солей.
7. Основные способы получения солей.

Обучающие задания:

Задача № 1

Определить массовую долю H₂SO₄ в растворе, полученном в результате растворения 40 г оксида серы(VI) в 21,15 мл 20%-ного раствора серной кислоты (пл.=1,43 г/мл).

Решение:

Масса H₂SO₄ в исходном растворе равна:

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = V_1(\text{р-ра}) \cdot \rho_1(\text{р-ра}) \cdot \omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 21,15 \cdot 1,43 \cdot 0,2 = 6 \text{ г.}$$

При добавлении SO₃ в водный раствор H₂SO₄ протекает реакция:



$$n(\text{SO}_3) = \frac{m(\text{SO}_3)}{M(\text{SO}_3)} = \frac{40 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль.}$$

В результате реакции образовалась H_2SO_4 : $n_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_3) = 0,5$ моль;

$$m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 49 \text{ г.}$$

Всего в растворе оказалось H_2SO_4 :

$$m_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) + m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 6 + 49 = 55 \text{ г.}$$

Масса получившегося раствора равна:

$$m_2(\text{р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m(\text{SO}_3) = V_1(\text{р-ра}) \cdot \rho_1(\text{р-ра}) + m(\text{SO}_3);$$

$$m_2(\text{р-ра}) = 21,15 \cdot 1,43 + 40 = 30 + 40 = 70 \text{ г};$$

$$\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m_3(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_{2(\text{р-ра})}} \cdot 100\% = \frac{55}{70} \cdot 100\% = 78,6\%$$

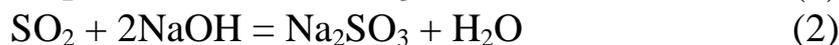
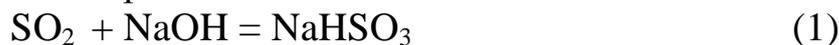
Ответ: 78,6%.

Задача № 2

Через 500 мл 1М раствора едкого натра пропущено 11,2 л оксида серы (IV) при н.у. Какая соль и в каком количестве образовалась?

Решение:

При взаимодействии SO_2 и гидроксида натрия может образоваться две соли: средняя и кислая:



Чтобы установить формулу соли, необходимо знать количественное соотношение оксида и щелочи.

Рассчитываем количества исходных веществ:

$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{р-ра}) = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ моль};$$

$$n(\text{SO}_2) = \frac{V(\text{SO}_2)}{V_m} = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ моль.}$$

Так как $\frac{n(\text{SO}_2)}{n(\text{NaOH})} = \frac{0,5}{0,5} = 1$, следовательно, образовалась соль

NaHSO_3 .

Рассчитаем количество соли:

$$n(\text{NaHSO}_3) = n(\text{SO}_2) = n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль.}$$

Ответ: 0,5 моль NaHSO_3 .

Задания для самостоятельного решения

1. На растворение 8 г оксида меди(II) затратили 200 г раствора серной кислоты. Рассчитайте массовую долю серной кислоты в исходном растворе. (*Ответ: 4,9%*)
2. Смешали 120 мл 10%-ного раствора соляной кислоты (пл.=1,05 г/мл) и 200 мл 0,5М раствора нитрата серебра. Какая масса осадка образуется? (*Ответ: 14,35 г*)

3. Какое количество вещества гидросульфата натрия образуется при смешении 200 г 39,2%-ного раствора серной кислоты и 200 г 8%-ного раствора гидроксида натрия? (*Ответ: 0,4 моль*)
4. 48 г оксида железа(III) восстановили до металла нагреванием в токе СО. Образовавшийся после реакции газ пропустили через раствор, полученный действием 36 г металлического кальция на воду. Какая соль образовалась и какова ее масса? (*Ответ: 90 г*)
5. Раствор, содержащий 6 г едкого натра, поглотил 2,24 л СО₂ (н.у.). Установите массы веществ, находящихся в растворе после поглощения СО₂. (*Ответ: 4,2 г NaHCO₃; 5,3 г Na₂CO₃*)

Дополнительные задания

1. Какая масса соли образуется при смешивании 40 мл раствора азотной кислоты (пл.=1,12 г/мл) с массовой долей кислоты 0,2 и 35 мл раствора гидроксида натрия (пл.=1,17 г/мл) с массовой долей гидроксида 0,15? (*Ответ: 12,1 г*)
2. 20 г смеси медных и алюминиевых опилок обработали избытком соляной кислоты. При этом выделилось 16,8 л газа (н.у.). Определите массовые доли металлов в смеси. (*Ответ: 32,5%; 67,5%*)
3. К 100 г 8%-ного раствора гидроксида натрия прилили раствор, содержащий 24 г сульфата меди(II). Полученный осадок отфильтровали, высушили и прокалили. Твердый остаток, полученный после прокаливания имел массу 7,6 г. Какой выход продукта реакции (в %) от теоретического? (*Ответ: 95%*)
4. Раствор, содержащий 6 г едкого натра, поглотил 2,24 л СО₂ (н.у.). Установите массы веществ, находящихся в растворе после поглощения СО₂. (*Ответ: 4,2 г NaHCO₃; 5,3 г Na₂CO₃*)
5. К раствору, содержащему 5,88 г ортофосфорной кислоты прибавили раствор, содержащий 8,4 г едкого кали. Определите состав осадка, полученного при выпаривании раствора досуха.
(*Ответ: 6,3 г K₃PO₄; 5,22 г K₂HPO₄*)
6. К 200 г раствора с массовой долей AlCl₃ 13,35% добавили 400 мл 2М раствора гидроксида натрия. Какие соли и какой массой образовались? (*Ответ: 23,6 г; 35,1 г*).

Занятие 12

Тема: Электролиз расплавов и растворов солей. Электролиз растворов кислот, щелочей.

Учебно-целевые вопросы:

1. Понятие о ряде стандартных электродных потенциалах.
2. Сущность электролиза?

3. Электролиз расплавов солей.
4. Электролиз водных растворов электролитов.
5. Практическое значение электролиза водных растворов солей.

Обучающие задания:

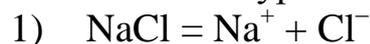
Задача № 1

Установите соответствие между формулами веществ и характером среды в анодном пространстве при электролизе их растворов с нерастворимым анодом:

<i>Формула вещества</i>	<i>Характер среды</i>
1) NaCl	А) кислая
2) KNO ₃	Б) нейтральная
3) NaF	В) щелочная
4) FeCl ₂	

Решение:

Напишем уравнения электролиза:

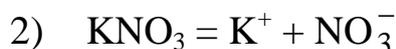


Катод: Na^+ – не восстанавливается



Анод: $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2$, среда нейтральная (Б)

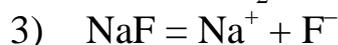
H_2O – не окисляется



Катод: K^+ – не восстанавливается



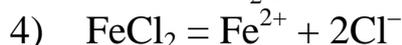
Анод: NO_3^- – не окисляются



Катод: Na^+ – не окисляются



Анод: F^- – не окисляются



Катод: $\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^0$



Анод: $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2$, среда нейтральная (Б)

H_2O – не окисляется

Ответ

1	2	3	4
---	---	---	---

Б	А	А	Б
---	---	---	---

Задача № 2

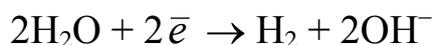
В 150 мл воды растворили сульфат калия массой 20 г и провели электролиз соли с инертными электродами, в результате чего массовая доля сульфата калия стала равной 15%. Определите объемы выделившихся газов (л) при температуре 20°C и 101325 Па.

Решение:

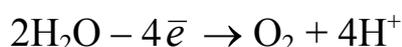
1. Запишем уравнение электролиза:



Катод: K^+ – не восстанавливается



Анод: SO_4^{2-} – не окисляется



2. Из уравнения электролиза видно, что ионы соли не принимают участие в электродных процессах, следовательно, масса соли остается неизменной, т.е. равна 20 г, а масса воды уменьшается, следовательно, уменьшается масса раствора.
3. Находим массу раствора после электролиза, зная из условия задача массовую долю соли в растворе и массу соли:

$$m_{(\text{р-ра})} = \frac{m_{(\text{в-ва})}}{\omega} \cdot 100\% ; m_{(\text{р-ра})} = \frac{20\text{г}}{15\%} \cdot 100\% = 133,3 \text{ г.}$$

4. Рассчитываем массу разложившейся воды $m_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O})$:

$$m_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O}) = m_{(\text{р-ра})} \text{ до электролиза} - m_{(\text{р-ра})} \text{ после электролиза;}$$

$$m_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O}) = 150 + 20 - 133,3 = 36,7 \text{ г.}$$

5. Рассчитаем количество вещества воды, разложившейся в ходе электролиза:

$$n_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} ; \quad n_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{36,7}{18} = 2,04 \text{ моль.}$$

6. Определим количество вещества водорода, выделившегося в ходе электролиза:

$$n(\text{H}_2) : n_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 1 \Rightarrow n(\text{H}_2) = n_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O}) = 2,04 \text{ моль.}$$

7. Определим количество вещества кислорода, выделившегося в ходе электролиза:

$$n(\text{O}_2) : n_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 2 \Rightarrow n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n_{\text{разл}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{2} \cdot 2,04 = 1,02 \text{ моль.}$$

8. Так как условия не соответствуют нормальным, то для определения объемов выделяющихся при электролизе газов воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$:

$$V(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2) \cdot R \cdot T}{P};$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{2,04 \cdot 8,31 \cdot (273 + 20)}{101325} = 0,049 \text{ м}^3 = 49 \text{ л};$$

$$V(\text{O}_2) = \frac{1,02 \cdot 8,31 \cdot (273 + 20)}{101325} = 0,0245 \text{ м}^3 = 24,5 \text{ л}.$$

Ответ: $V(\text{H}_2) = 49 \text{ л}$, $V(\text{O}_2) = 24,5 \text{ л}$

Задания для самостоятельного решения

1. Укажите, какие металлы могут быть получены электролизом водных растворов их солей: Cs, Zn, Ni, Al, Ba, Ag, Au.
2. Изменится ли количество соли в растворе, если электролизу подвергнуть раствор: а) сульфата калия; б) хлорида калия (анод – инертный). Составьте схему электролиза.
3. При электролизе водного раствора нитрата серебра с инертными электродами на аноде выделилось 5,6 л (н.у.) кислорода. Определите молярную концентрацию исходного раствора, если его объем 2 л.
(*Ответ:* 0,5М).
4. При электролизе 500 г водного раствора хлорида цинка на аноде выделился газ, который прореагировал с раствором иодида калия, при этом выделилось 88,9 г иода. Определите массовую долю исходного раствора хлорида цинка. (*Ответ:* 9,52%).
5. В 400 г воды растворили 46,8 г хлорида натрия. Полученный раствор подвергли электролизу и собрали 2,24 л (н.у.) хлора. Определите массовую долю хлорида натрия в растворе после электролиза.
(*Ответ:* 8%).

Дополнительные задания

1. При электролизе водного раствора нитрата серебра на аноде выделилось 11,2 л газа (н.у.), который прореагировал с 31 г фосфора с образованием оксида фосфора (V). Определить количество образовавшегося оксида фосфора (V) и массу прореагировавшего нитрата серебра.
(*Ответ:* 0,2 моль P_2O_5 ; 340 г AgNO_3)
2. При электролизе расплава хлорида металла(III) на аноде выделилось 336 мл газа, а на катоде 0,52 г металла. Хлорид какого металла был взят? (*Ответ:* CrCl_3)
3. При сливании 135 г 20%-ного раствора хлорида меди(II) и 680 г 10%-ного раствора нитрата серебра образовался осадок, который отделили, а оставшийся раствор подвергли электролизу. Определите массы веществ, выделившихся на электродах. (*Ответ:* 12,8 г Cu; 3,2 г O_2)

4. Раствор хлорида натрия массой 300 г с массовой долей соли 11,7% подвергли полному электролизу. К образовавшемуся раствору добавили 50 г раствора фосфорной кислоты с массовой долей 39,2%. Какая соль и какой массы образовалась? (Ответ: Na_3PO_4 ; 32,8 г)
5. Как изменится массовая доля сульфата меди в растворе после проведения электролиза 100 г раствора с массовой долей CuSO_4 , равной 20%, если на катоде при этом выделилось 3,2 г меди? Какой объем газа (н.у.) выделится на аноде? (Ответ: 12,5%; 0,56 л)

Занятие 13

Тема: Общие свойства металлов. Щелочные и щелочноземельные металлы. Магний и его соединения. Жесткость воды и способы ее устранения. Алюминий и его соединения.

Учебно-целевые вопросы:

1. Положение металлов в периодической системе элементов Д.И. Менделеева.
2. Особенности строения атомов металлов. Металлы главных и побочных подгрупп, малых и больших периодов, s-, p-, d-, f-семейств. Закономерности изменения радиусов атомов, энергии ионизации, металлических свойств элементов в периодах, в главных и побочных подгруппах.
3. Особенности металлической связи. Металлические кристаллические решетки. Физические свойства металлов. Понятие об электродном потенциале металлов. Ряд стандартных электродных потенциалов.
4. Химические свойства металлов. Металлы как восстановители. Реакции с неметаллами, водой, кислотами, растворами солей. Отношение металлов к растворам щелочей.
5. Общая характеристика а) щелочных металлов; б) элементов II-A группы на основе их положения в ПСЭ и строения атома.
6. Жесткость воды, виды жесткости, способы устранения жесткости (кипячение, известково-содовый, фосфатный и катионитный).
7. Общая характеристика элементов главной подгруппы III-группы на основе их положения в ПСЭ и строения атома.
8. Физические и химические свойства алюминия: реакции с неметаллами, водой, оксидами металлов, кислотами, щелочами, солями.
9. Важнейшие соединения алюминия: оксид, гидроксид, соли; их получение и свойства.

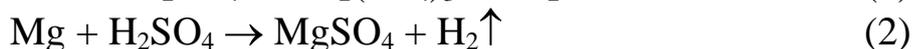
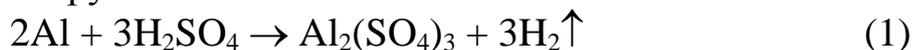
Обучающие задания:

Задача № 1.

Сплав магния и алюминия обработали разбавленной серной кислотой, при этом выделилось 3,36 л водорода (н.у.). При обработке такого же количества сплава раствором гидроксида натрия выделилось 1,12 л водорода (н.у.). Определите массовые доли металлов в сплаве.

Решение:

1. Составим уравнения реакций с учетом того, с раствором серной кислоты реагируют оба металла:



с раствором щелочи реагирует только алюминий:



2. Определим количество вещества водорода, выделившегося при взаимодействии сплава с раствором гидроксида натрия и количество вещества и массу алюминия:

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль};$$

$$n(\text{Al}) = \frac{2 \cdot n(\text{H}_2)}{3} = \frac{2 \cdot 0,05 \text{ моль}}{3} = 0,033 \text{ моль};$$

$$m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 0,033 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 0,89 \text{ г}.$$

3. Определим общее количество вещества водорода, выделившегося при взаимодействии сплава с раствором разбавленной серной кислоты (уравнения (1) и (2)):

$$n_{\text{общ.}}(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль};$$

4. Рассчитаем количество вещества водорода, полученного в результате взаимодействия алюминия с раствором разбавленной серной кислоты (уравнение (1)):

$$n_1(\text{H}_2) = \frac{3 \cdot n(\text{Al})}{2} = \frac{3 \cdot 0,033 \text{ моль}}{2} = 0,05 \text{ моль};$$

5. Рассчитаем количество вещества водорода, количество вещества и массу магния полученного в результате взаимодействия магния с раствором разбавленной серной кислоты (уравнение (2)):

$$n_2(\text{H}_2) = n_{\text{общ.}}(\text{H}_2) - n_1(\text{H}_2) = 0,15 - 0,05 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{Mg}) = n_2(\text{H}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

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

6. Рассчитаем массу сплава и массовые доли металлов в сплаве:

$$m(\text{сплава}) = m(\text{Mg}) + m(\text{Al}) = 2,4 + 0,89 = 3,29 \text{ г}$$

$$w(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%; \quad w(\text{Mg}) = \frac{2,4 \text{ г}}{3,29 \text{ г}} \cdot 100\% = 72,9\%$$

$$w(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% ; w(\text{Al}) = \frac{0,89 \text{ г}}{3,29 \text{ г}} \cdot 100\% = 27,1\%$$

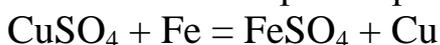
Ответ: $w(\text{Mg}) = 72,9\%$; $w(\text{Al}) = 27,1\%$.

Задача № 2.

Железную пластинку массой 5 г опустили в 50 мл раствора сульфата меди(II) ($\omega=15\%$; $\rho=1,12$ г/мл). Спустя некоторое время масса пластинки увеличилась до 5,16 г. Какая масса меди выделилась на пластинке? Чему равна массовая доля сульфата меди в образовавшемся растворе.

Решение:

1. Составим уравнения реакций, протекающей при погружении железной пластинки в раствор сульфата меди(II):



2. Изменение массы пластинки происходит за счет разной молярной массы железа и меди. Рассчитаем изменение массы пластинки по условию задачи: $\Delta m = 5,16 - 5 = 0,16$ г; и по уравнению реакции: $\Delta m_1 = 64 - 56 = 8$ г

3. Рассчитаем количество вещества меди, выделившееся на пластинке. Если масса пластинки увеличивается на 8 г, то на пластинке оседает 1 моль меди (см. уравнение реакции); если масса пластинки увеличивается на 0,16 г, то на пластинке оседает x моль:

$$\frac{1 \text{ моль}}{x \text{ моль}} = \frac{8 \text{ г}}{0,16 \text{ г}} ; \text{отсюда}$$

$$x = n(\text{Cu}) = \frac{1 \text{ моль} \cdot 0,16 \text{ г}}{8 \text{ г}} = 0,02 \text{ моль}$$

4. Найдем массу меди, выделившейся на пластинке:

$$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}); \quad m(\text{Cu}) = 0,02 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 1,28 \text{ г.}$$

5. Рассчитаем массу исходного раствора сульфата меди (II) и массу сульфата меди (II) в нем:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{CuSO}_4) = \rho \cdot V; \quad m_{\text{р-ра}}(\text{CuSO}_4) = 50 \text{ мл} \cdot 1,12 \text{ г/мл} = 56 \text{ г}$$

$$m_{\text{исх.}}(\text{CuSO}_4) = w \cdot m_{\text{р-ра}}(\text{CuSO}_4); \quad m_{\text{исх.}}(\text{CuSO}_4) = 0,15 \cdot 56 \text{ г} = 8,4$$

г.

6. Рассчитаем количество вещества и массу сульфата меди (II), вступившего в реакцию:

$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{Cu}) = 0,02 \text{ моль}$$

$$m_{\text{прор.}}(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{CuSO}_4);$$

$$m_{\text{прор.}}(\text{CuSO}_4) = 0,02 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 3,2 \text{ г}$$

7. Найдем массу сульфата меди (II), оставшегося в растворе:

$$m_{\text{ост.}}(\text{CuSO}_4) = 8,4 - 3,2 = 5,2 \text{ г.}$$

8. Найдем массу образовавшегося раствора после реакции:

$$m_2(\text{р-ра}) = 56 \text{ г} - 0,16 \text{ г} = 55,84 \text{ г.}$$

9. Рассчитаем массовую долю сульфата меди (II) в образовавшемся растворе

При нагревании 6,06 г нитрата щелочного металла образовалось 5,10 г нитрита. Нитрат какого металла был взят?

Решение.

1. Составим уравнение реакции разложения нитрата щелочного металла:



2. Рассчитаем массу кислорода на основе закона сохранения массы веществ и найдем его количество вещества:

$$m(\text{O}_2) = 6,06 - 5,10 = 0,96 \text{ г}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{0,96 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,03 \text{ моль}$$

3. Определим количество вещества нитрата щелочного металла по уравнению реакции и его молярную массу:

$$n(\text{MeNO}_3) = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,03 \text{ моль} = 0,06 \text{ моль}$$

$$M(\text{MeNO}_3) = \frac{m(\text{MeNO}_3)}{n(\text{MeNO}_3)} = \frac{6,06 \text{ г}}{0,06 \text{ моль}} = 101 \text{ г/моль}$$

4. Найдем молярную массу металла:

$$M(\text{Me}) + 14 + 16 \cdot 3 = 101$$

$$M(\text{Me}) = 101 - 48 - 14 = 39 \text{ г/моль. Щелочной металл К—калий.}$$

Ответ: нитрат калия.

Задача № 6.

Образец металлического натрия массой 0,5 г растворили в воде. На нейтрализацию полученного раствора израсходовали 29,2 г 1,5% раствора хлороводорода. Определите массовую долю (%) натрия в исходном образце?

Решение:

1. Запишем уравнения реакций:



2. Определим массу и количество вещества HCl:

$$m(\text{HCl}) = w(\text{HCl}) \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,015 \cdot 29,2 \text{ г} = 0,438 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{0,438 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,012 \text{ моль.}$$

3. Определим количество вещества NaOH, прореагировавшего с HCl по уравнению (2):

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = 0,012 \text{ моль.}$$

4. Определим количество вещества натрия по уравнению (1), его массу и массовую долю Na:

$$n(\text{Na}) = n(\text{NaOH}) = 0,012 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}) = n(\text{Na}) \cdot M(\text{Na}) = 0,012 \text{ моль} \cdot 23 \text{ г/моль} = 0,276 \text{ г}$$

$$w(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{m_{\text{обр}}} \cdot 100\% ; w(\text{Na}) = \frac{0,276\text{г}}{0,5\text{г}} \cdot 100\% = 55,2\%.$$

Ответ: 55,2%.

Задача № 7.

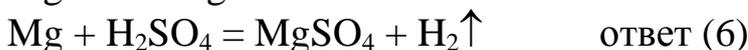
Магний может взаимодействовать с

- 1) кислородом
- 2) хлором
- 3) этанолом
- 4) расплавом хлорида натрия
- 5) серой
- 6) раствором серной кислоты
- 7) раствором хлорида натрия
- 8) раствором нитрата меди (II).

Ответ: _____ (Запишите выбранные цифры в порядке возрастания).

Решение.

Составим уравнения реакций исходя из того, что магний – активный металл, обладающий довольно сильными восстановительными свойствами, проявляет общие свойства металлов:



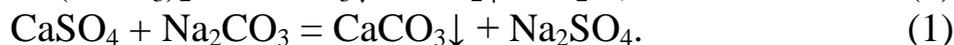
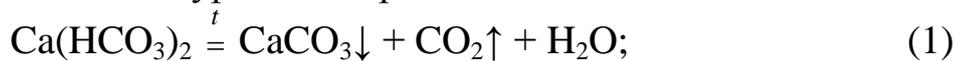
Ответ: 12568

Задача № 8.

Для умягчения воды, содержащей сульфат и гидрокарбонат кальция, 100 мл ее прокипятили, при этом образовалось 0,2 г осадка. Затем ее обработали избытком соды, в результате чего выпало 0,1 г осадка. Рассчитайте, какая масса солей содержится в 1 кг воды (плотность воды принять равной 1 г/мл).

Решение:

1. Записываем уравнения реакций:



2. Рассчитываем количество осадков, образовавшихся в результате протекающих процессов по уравнениям (1) и (2):

$$n_1(\text{CaCO}_3) = \frac{m_1(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)}; \quad n_1(\text{CaCO}_3) = \frac{0,2\text{г}}{100\text{г/моль}} = 0,002 \text{ моль};$$

$$n_2(\text{CaCO}_3) = \frac{m_2(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)}; \quad n_2(\text{CaCO}_3) = \frac{0,1\text{г}}{100\text{г/моль}} = 0,001 \text{ моль.}$$

3. Рассчитываем количество и массу $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и CaCO_3 , содержащихся в 100 мл воды:

$$n_1(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = n_1(\text{CaCO}_3) = 0,002 \text{ моль};$$

$$m_1(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = n_1(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) \cdot M(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2);$$

$$m_1(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 0,002 \text{ моль} \cdot 162 \text{ г/моль} = 0,324 \text{ г};$$

$$n_1(\text{CaSO}_4) = n_2(\text{CaCO}_3) = 0,001 \text{ моль};$$

$$m_1(\text{CaSO}_4) = n_1(\text{CaSO}_4) \cdot M(\text{CaSO}_4);$$

$$m_1(\text{CaSO}_4) = 0,001 \text{ моль} \cdot 136 \text{ г/моль} = 0,136 \text{ г.}$$

4. Рассчитываем массу солей кальция, содержащихся в 1 кг воды:

1 кг воды – это 1000 мл, следовательно

$$m_2(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = m_1(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) \cdot 10; \quad m_2(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 0,324 \text{ г} \cdot 10 = 3,24 \text{ г};$$

$$m_2(\text{CaSO}_4) = m_1(\text{CaSO}_4) \cdot 10; \quad m_2(\text{CaSO}_4) = 0,136 \text{ г} \cdot 10 = 1,36 \text{ г.}$$

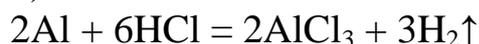
Ответ: $m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 3,24 \text{ г}; m(\text{CaSO}_4) = 1,36 \text{ г.}$

Задача № 9.

Напишите уравнения реакций, в ходе которых металлический алюминий восстанавливает: а) ионы водорода; б) молекулы какого-либо галогена; в) молекулы воды; г) нитрат-ионы в кислой среде; д) нитрат-ионы в щелочной среде.

Решение.

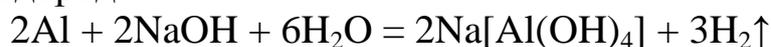
а) алюминий восстанавливает ионы водорода в растворах кислот (кроме азотной):



б) алюминий восстанавливает галогены до галогенидов, например:



в) в щелочной среде алюминий способен восстанавливать воду до свободного водорода:



г) взаимодействуя с разбавленной азотной кислотой, алюминий восстанавливает нитрат-ионы до оксида азота (II):



д) в щелочной среде алюминий восстанавливает нитрат-ионы до аммиака:



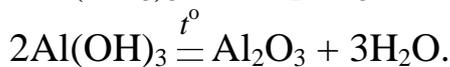
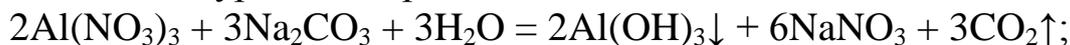
Задача № 10.

При сливании 250 г 10,25% раствора нитрата алюминия и 200 мл 0,75М раствора карбоната натрия образовался осадок, который отфиль-

тровали и прокалили. Определите массу твердого осадка.

Решение:

1. Запишем уравнения реакций:



2. Определим массу и количество вещества нитрата алюминия в растворе:

$$m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = w(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) \cdot m_{\text{р-ра}}; \quad m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 250 \text{ г} \cdot 0,1025 = 25,625 \text{ г};$$

$$n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = \frac{m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3)}{M(\text{Al}(\text{NO}_3)_3)}; \quad n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = \frac{25,625 \text{ г}}{213 \text{ г/моль}} = 0,12$$

моль.

3. Определим количество вещества карбоната натрия в растворе:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = V_{\text{р-ра}} \cdot C(\text{Na}_2\text{CO}_3); \quad n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,2 \text{ л} \cdot 0,75 \text{ моль/л} = 0,15 \text{ моль}.$$

4. Определим, какая соль находится в избытке.

По уравнению $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) : n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 3:2$, а

по условию задачи $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) : n(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0,15 : 0,12 = 2,5 : 2$;

следовательно Na_2CO_3 находится в недостатке, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ – в избытке.

5. Определим количество вещества гидроксида алюминия:

$$n(\text{Al}(\text{OH})_3) = \frac{2 \cdot n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{3} = \frac{2 \cdot 0,15 \text{ моль}}{3} = 0,1 \text{ моль};$$

6. Определим количество вещества и массу оксида алюминия:

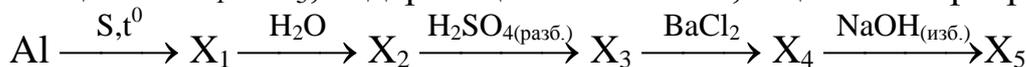
$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{Al}(\text{OH})_3); \quad n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,05 \text{ моль};$$

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = n(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3); \quad m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,05 \text{ моль} \cdot 102 \text{ г/моль} = 5,1 \text{ г}.$$

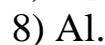
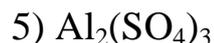
Ответ: 5,1 г.

Задача № 11.

Вещества $X_1 - X_5$, содержащие алюминий, в цепочке превращений:



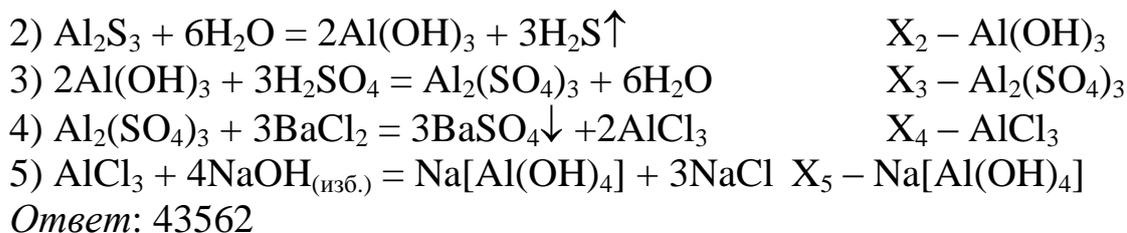
соответственно:



Решение.

Составим уравнения реакций для предложенной цепочки превращений:





Задания для самостоятельного решения

- Какая масса алюминия должна прореагировать с раствором щелочи, чтобы выделившегося водорода хватило на восстановление до металла 480 г оксида железа(III)? (Ответ: 162 г)
- Смешали 7,2 г порошка магния и 18 г порошка оксида хрома(III). Полученную смесь подожгли. Вычислите массу образовавшегося хрома, если выход продукта реакции составляет 70% от теоретически возможного. (Ответ: 7,28 г)
- Порошок магния массой 40 г поместили в раствор сульфата цинка массой 596 г. Через некоторое время металлический порошок отделили и взвесили, его масса оказалась равной 56 г. Чему равна массовая доля сульфата магния в растворе, оставшемся после отделения металлического порошка. (Ответ: 8,07%)
- Раствор хлорида кальция применяется в медицине в качестве кровоостанавливающего и противоаллергического средства. Определите массу катионов кальция, поступающих в организм при приеме внутрь столовой ложки раствора (15 мл), содержащего в 100 мл 5 г $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Какова массовая доля и молярная концентрация раствора, если для приготовления лекарственного препарата 90 г CaCl_2 растворили в 800 мл воды ($\rho = 1,083$ г/мл)? (Ответ: 0,14 г Ca^{2+} ; $w(\text{CaCl}_2) = 10,1\%$; $c(\text{CaCl}_2) = 0,985\text{M}$).
- На 10,4 г смеси алюминия и оксида алюминия подействовали раствором гидроксида натрия. Выделившийся газ сожгли и получили 7,2 г воды. Определите массовые доли компонентов исходной смеси. (Ответ: 70,1% Al; 29,9% Al_2O_3).

Дополнительные задания

- При электролизе водных растворов каких солей можно получить металл: Na_2S , CuSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, AgNO_3 , HgCl_2 , NiBr_2 , KNO_2 . Составьте соответствующие схемы процессов электролиза.
- Закончите уравнения возможных реакций, укажите условия их протекания:

а) $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;	б) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;	в) $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;
г) $\text{Ag} + \text{HCl} \rightarrow$;	д) $\text{Ag} + \text{HNO}_3(\text{p.}) \rightarrow$;	е) $\text{Ag} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$;
ж) $\text{Cu} + \text{AgNO}_3 \rightarrow$;	з) $\text{Fe} + \text{Cl}_2 \rightarrow$;	и) $\text{Mg} + \text{NaOH} \rightarrow$;
к) $\text{Al} + \text{HNO}_3(\text{к}) \rightarrow$;	л) $\text{Zn} + \text{NaOH}_{(\text{p-p})} \rightarrow$;	м) $\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow$.

Расставьте коэффициенты методом электронного баланса.

3. В раствор нитрата никеля опустили цинковую пластинку. После окончания реакции и полного вытеснения никеля раствор отделили и выпарили, образовавшийся сухой остаток прокалили. Масса твердого остатка оказалась равной 6,48 г. Определите массу нитрата никеля в исходном растворе. (*Ответ: 14,64 г*)
4. Закончите уравнения возможных реакций:

а) $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$	б) $\text{K} + \text{HNO}_3(\text{к}) \rightarrow$	в) $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{гидролиз}}$
г) $\text{NaCl}(\text{тв.}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{к}) \rightarrow$	д) $\text{KOH} + \text{NO}_2 \rightarrow$	е) $\text{NaOH} + \text{BaSO}_4 \rightarrow$
ж) $\text{NaOH} + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow$	з) $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow$	и) $\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}}$
к) $\text{CuSO}_4 + \text{Na} \rightarrow$	л) $\text{NaOH} + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	м) $\text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{гидролиз}}$
5. Порошок алюминия массой 32,4 г и порошок серы массой 48 г сплавляли в тигле без доступа воздуха. После этого к остывшему содержимому тигля добавили избыток соляной кислоты. Какой объем кислорода (н.у.) потребуется для сжигания выделившегося газа? (*Ответ: 8,4 л*)
6. Смесь опилок меди, магния и алюминия массой 1 г обработали избытком соляной кислоты. Раствор отфильтровали и к фильтрату добавили избыток гидроксида натрия. Полученный осадок отделили от раствора, промыли водой и прокалили до постоянной массы 0,2 г. Нерастворившийся остаток смеси опилок прокалили на воздухе до постоянной массы 0,8 г. Определите массовую долю алюминия в исходной смеси. (*Ответ: 76%*)

Занятие 14

Тема: Общая характеристика d-металлов. Железо и его соединения. Хром и его соединения.

Учебно-целевые вопросы:

1. d–элементы: положение в периодической системе, строение атомов, степени окисления, зависимость кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений d–элементов от степени окисления.
2. Железо: положение в периодической системе, строение атома, характерные степени окисления с примерами соединений. Зависимость кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений железа от степени окисления.
3. Железо в природе. Железные руды. Железо в организме человека. Получение железа из оксидов.
4. Физические свойства железа.

5. Химические свойства железа (реакции с неметаллами, водой, кислотами, солями, отношение к щелочам).
6. Соединения железа(II) и железа(III): оксиды, гидроксиды, соли. Их получение, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства.
7. Комплексные соединения железа. Качественные реакции на ионы Fe^{2+} и Fe^{3+} .

Обучающие задания:

Задача № 1.

Будут ли отличаться продукты реакций взаимодействия железной окалины с концентрированной соляной кислотой и концентрированной йодоводородной кислотой? Составьте уравнения протекающих реакций.

Решение.

Железная окалина представляет собой смешанный оксид $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$, поэтому при взаимодействии с соляной кислотой протекает реакция обмена и образуются две соли: хлорид железа(II) и хлорид железа(III):



Йодоводородная кислота – сильный восстановитель, поэтому при взаимодействии с железной окалиной протекает ОВР и образуются йодид железа(II) и свободный йод:



Задача № 2.

Что можно наблюдать при сливании растворов хлорида железа (III) и тетрагидроксоалюмината натрия? Напишите уравнение протекающей реакции.

Решение.

При сливании растворов хлорида (III) и тетрагидроксоалюмината натрия можно наблюдать выпадение бурого и белого осадков:



Задача № 3.

Какие процессы будут протекать при погружении цинковой пластинки в раствор хлорида железа(II)? Как изменится масса хлорида железа(II) в растворе?

Решение:

1. Соль хлорида железа (II) в растворе подвергается гидролизу:



2. Цинк будет взаимодействовать с соляной кислотой:



3. Так как цинк более активный металл, чем железо (расположен в ря-

ду напряжений левее железа), то происходит вытеснение металла:



4. В результате протекания процессов (1 и 3) масса хлорида железа (II) в растворе уменьшится.

Задача № 4.

На полное хлорирование смеси железа и алюминия с молярным соотношением металлов 2:3 израсходовано 2,69 л (н.у.) хлора. Какая масса осадка образуется при обработке смеси хлоридов избытком раствора щелочи?

Решение:

1. Запишем уравнения реакций:



2. По условию $n(\text{Fe}) : n(\text{Al}) = 2:3 = 1:1,5$, поэтому обозначаем количество вещества железа $n(\text{Fe}) = x$ моль, тогда $n(\text{Al}) = 1,5x$ моль.

3. Найдем количество вещества хлора, вступившего в реакцию с Fe и Al, а также общее количество вещества хлора и вычислим количество вещества железа и алюминия:

$$n_1(\text{Cl}_2) = 1,5 \cdot n(\text{Fe}) = 1,5x \text{ моль};$$

$$n_2(\text{Cl}_2) = 1,5 \cdot n(\text{Al}) = 2,25x \text{ моль};$$

$$n_{\text{общ}}(\text{Cl}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{2,69 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,12 \text{ моль};$$

$$n_{\text{общ}}(\text{Cl}_2) = n_1(\text{Cl}_2) + n_2(\text{Cl}_2);$$

$$1,5x + 2,25x = 0,12; \text{ решая уравнение, найдем } x = 0,32, \text{ следовательно}$$

$$n(\text{Fe}) = 0,32 \text{ моль}, n(\text{Al}) = 1,5 \cdot 0,32 \text{ моль} = 0,48 \text{ моль}.$$

4. При обработке раствором щелочи солей хлоридов металлов в осадок выпадает только $\text{Fe}(\text{OH})_3$, так как $\text{Al}(\text{OH})_3$ – типичный амфотерный гидроксид (см. уравнения реакций (3) и (4)):

$$n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = n(\text{FeCl}_3) = n(\text{Fe}) = 0,32 \text{ моль};$$

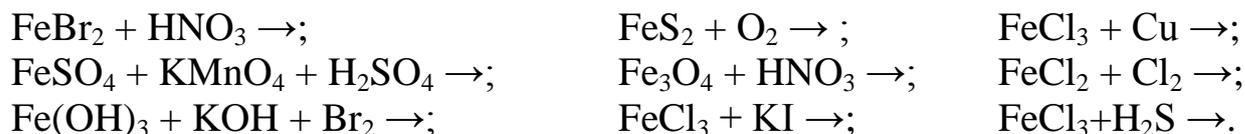
$$m(\text{Fe}(\text{OH})_3) = n(\text{Fe}(\text{OH})_3) \cdot M(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0,32 \text{ моль} \cdot 107 \text{ г/моль} = 34,24 \text{ г}.$$

Ответ: 34,24 г.

Задания для самостоятельного решения

1. С какими из перечисленных веществ будет реагировать железо: O_2 , Cl_2 , S, NaOH, HCl, H_2SO_4 (разб.), HNO_3 (р), HNO_3 (конц.), K_2SO_4 , CuBr_2 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Напишите уравнения возможных реакций, укажите условия проведения реакций.

2. Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций, укажите условия их протекания и роль соединений двух- и трехвалентного железа:



3. Определите формулу оксида железа, если массовая доля железа в нем 69,9%.
(*Ответ:* Fe_2O_3)
4. Для растворения смеси оксида меди (II) и оксида железа (III) массой 3,2 г израсходовано 25 г 14,6%-ного раствора соляной кислоты. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси. (*Ответ:* 50% CuO ; 50% Fe_2O_3)
5. 18,4 г смеси железа и магния полностью прореагировали с газом, выделившимся при электролизе 161,4 г 50%-ного раствора хлорида меди (II). Определите массовые доли металлов в исходной смеси.
(*Ответ:* 60,87% Fe; 39,13% Mg)

Дополнительные задания

1. Найдите массу 10%-ного раствора серной кислоты, необходимого для растворения 28 г смеси железа с оксидом железа (III), если массовая доля железа в смеси равна 20%.

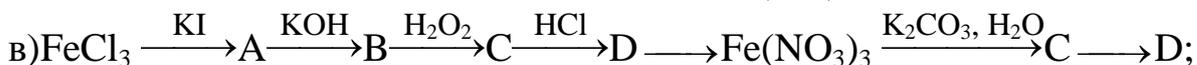
(*Ответ:* 509,6 г)

2. Масса железного стержня после выдерживания в водном растворе нитрата меди (II) увеличилась на 1,6 г и составила 23,2 г. Рассчитайте массу железного стержня до погружения в раствор нитрата меди (II) и его количественный состав после реакции.

(*Ответ:* 21,6 г; 10,4 г Fe и 12,8 г Cu)

3. При действии на 13 г смеси железа, меди и алюминия раствора гидроксида калия выделяется 6,72 л газа, а при действии на такую же порцию смеси соляной кислоты – 8,96 л газа. Рассчитайте массовые доли металлов в исходной смеси. (*Ответ:* 43,1% Fe; 15,4% Cu; 41,5% Al)

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения, укажите условия их протекания. Определите формулы железосодержащих продуктов А, В, С, D и укажите их классы:



4. При растворении 13,9 г кристаллогидрата $\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ в воде массой 86,1 г образовался раствор с массовой долей FeSO_4 7,6 %. Определите формулу кристаллогидрата. (*Ответ:* $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
5. Железную пластинку погрузили сначала в разбавленную серную кислоту, при этом выделилось 1,12 л газа (н.у.), а затем в раствор сульфата меди (II), в результате чего масса пластинки увеличилась на 2,4 г. Определите массу всего прореагировавшего железа. (*Ответ:* 19,6 г)

Занятие 15

Тема: Марганец, цинк, медь и их соединения.

Учебно-целевые вопросы:

1. Медь, цинк, марганец: положение в периодической системе, строение атома, характерные степени окисления с примерами соединений.
2. Медь, цинк, марганец в природе и организме человека.
3. Физические и химические свойства меди, цинка, марганца: взаимодействие с неметаллами, кислотами, солями, отношение к воде и щелочам.
4. Соединения меди (I) и (II): оксиды, гидроксиды, соли. Их получение, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства. Примеры комплексных соединений меди.
5. Амфотерность оксида и гидроксида цинка. Гидрохсокомплексы цинка.
6. Восстановление перманганат-иона в кислой, нейтральной и щелочной средах.

Обучающие задания:

Задача № 1.

Даны вещества: цинк, вода, гидроксид натрия (конц.), серная кислота (конц.). Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Решение.

1. $\text{Zn} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^0} \text{ZnO} + \text{H}_2 \uparrow$
2. $\text{Zn} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2 \uparrow$
3. $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} = \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
(возможно образование вместо SO_2 , S или H_2S)
4. $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} = \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
(возможно образование средней соли Na_2SO_4)

Задача № 2.

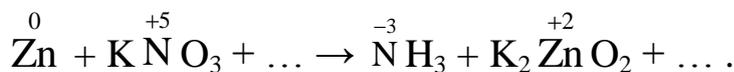
Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



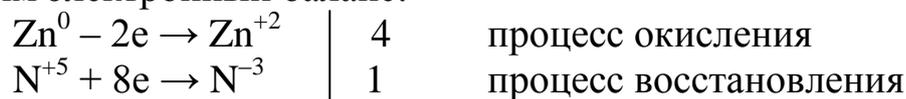
Определите окислитель и восстановитель, процессы окисления и восстановления.

Решение.

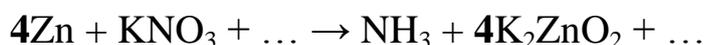
1. Определим степени окисления элементов в формулах исходных веществ и продуктах реакции:



2. Составим электронный баланс:

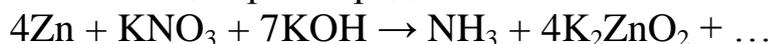


3. В данной реакции **цинк** является **восстановителем**, (т.к. его степень окисления повышается); **нитрат калия** за счет азота +5 является **окислителем**, (т.к. его степень окисления понижается).
4. Расставим коэффициенты в уравнении реакции согласно электронному балансу:

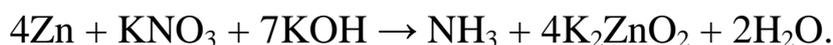


5. Определим неизвестные вещества в левой и правой части уравнения.

В правой части уравнения 8 атомов калия, в левой – один атом калия, следовательно, неизвестным веществом должен быть гидроксид калия, выполняющий роль среды:

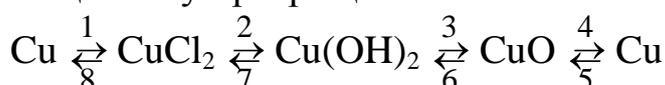


В левой части уравнения теперь 7 атомов водорода, в правой – три атома водорода, следовательно, неизвестным веществом должна быть вода:



Задача № 3.

Предложите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений:

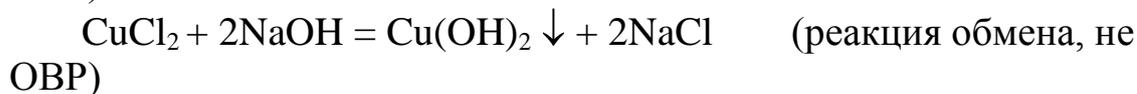
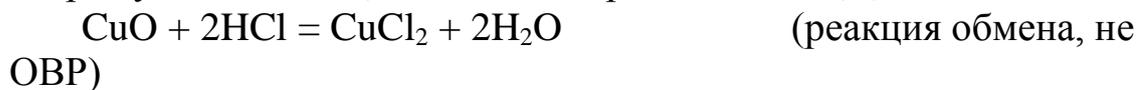


Все ли превращения можно осуществить в одну стадию? Укажите типы реакций и условия проведения реакций.

Решение.

- 1) $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{t^0} \text{CuCl}_2$ (реакция соединения, ОВР)
- 2) $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ (реакция обмена, не ОВР)
- 3) $\text{Cu(OH)}_2 \xrightarrow{t^0} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ (реакция разложения, не ОВР)
- 4) $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{t^0} 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (реакция замещения, ОВР)
- 5) $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^0} 2\text{CuO}$ (реакция соединения, ОВР)

- б) данное превращение нельзя осуществить в одну стадию, т.к. оксид меди (II) с водой не реагирует, поэтому сначала нужно получить растворимую соль меди, а затем – гидроксид меди (II):



- 7) $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (реакция обмена, не ОВР)

- 8) $\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{Cu} + \text{Cl}_2 \uparrow$ (реакция разложения, ОВР)

Задача № 4.

К раствору, содержащему 3,16 г перманганата калия, прибавили раствор, содержащий 22,8 г сульфата железа(II) и 19,6 г серной кислоты. Определите количественный состав образовавшегося раствора.

Решение:

1. Запишем уравнение реакции:



2. Рассчитаем исходные количество веществ KMnO_4 , FeSO_4 и H_2SO_4 :

$$n(\text{KMnO}_4) = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{M(\text{KMnO}_4)}; \quad n(\text{KMnO}_4) = \frac{3,16\text{г}}{158\text{г/моль}} = 0,02 \text{ моль};$$

$$n(\text{FeSO}_4) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{M(\text{FeSO}_4)}; \quad n(\text{FeSO}_4) = \frac{22,8\text{г}}{152\text{г/моль}} = 0,15 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}; \quad n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{19,6\text{г}}{98\text{г/моль}} = 0,2 \text{ моль}.$$

3. Определим избыток и недостаток исходных веществ:

$n(\text{FeSO}_4) : n(\text{KMnO}_4) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10:2:8 = 5:1:4$ - по уравнению реакции, а по условию $n(\text{FeSO}_4) : n(\text{KMnO}_4) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15:0,02:0,2 = 7,5:1:10$, следовательно в недостатке KMnO_4 (т.е. прореагирует полностью), а в избытке FeSO_4 и H_2SO_4 .

4. Рассчитаем количество вещества MnSO_4 , K_2SO_4 и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$:

$$n(\text{MnSO}_4) = n(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ моль};$$

$$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} n(\text{MnSO}_4) = \frac{1}{2} 0,02 \text{ моль} = 0,01 \text{ моль};$$

$$n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{n(\text{KMnO}_4) \cdot 5}{2} = \frac{0,02 \text{ моль} \cdot 5}{2} = 0,05 \text{ моль};$$

5. Определим количество вещества FeSO_4 , вступившего в реакцию, и количество вещества FeSO_4 , оставшегося после реакции:

$$n_{\text{прор}}(\text{FeSO}_4) = \frac{n(\text{KMnO}_4) \cdot 10}{2} = \frac{0,02 \text{ моль} \cdot 10}{2} = 0,10 \text{ моль};$$

$n_{\text{ост}}(\text{FeSO}_4) = n_{\text{исх}}(\text{FeSO}_4) - n_{\text{прор}}(\text{FeSO}_4) = 0,15 \text{ моль} - 0,10 \text{ моль} = 0,05 \text{ моль}.$

6. Определим количество вещества H_2SO_4 , вступившего в реакцию, и

количество вещества H_2SO_4 , оставшегося после реакции:

$$n_{\text{прор}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{KMnO}_4) \cdot 8}{2} = \frac{0,02 \text{ моль} \cdot 8}{2} = 0,08 \text{ моль};$$

$n_{\text{ост}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = n_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{SO}_4) - n_{\text{прор}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 \text{ моль} - 0,08 \text{ моль} = 0,12 \text{ моль}.$

Ответ: $n(\text{MnSO}_4)=0,02 \text{ моль}; n(\text{K}_2\text{SO}_4)=0,01 \text{ моль}; n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3)=0,05 \text{ моль};$

$n(\text{H}_2\text{SO}_4)=0,12 \text{ моль}.$

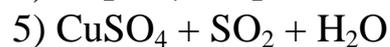
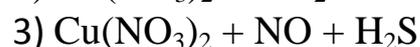
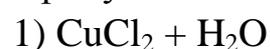
Задания для самостоятельного решения

- Объясните, как зависят окислительно-восстановительные свойства соединений марганца от степени его окисления. Расположите соединения K_2MnO_4 , MnO_2 , MnCl_2 , Mn_2O_3 , Mn , KMnO_4 в порядке увеличения окислительных свойств. Напишите уравнения реакций, описывающие взаимодействие между перманганатом калия и сероводородом в кислой, щелочной и нейтральной средах.
- Для смачивания обожженной кожи используется раствор перманганата калия с массовой долей 4%. Какой объем воды необходимо добавить к 100 г раствора перманганата калия с массовой долей 25%, чтобы получить раствор необходимой концентрации? (*Ответ:* 525мл)
- При взаимодействии цинка и карбоната цинка с избытком соляной кислоты выделилось 6,72 л газа. После сжигания образовавшегося газа на воздухе и конденсации водяных паров объем его уменьшился до 4,48 л. Определите массовую долю цинка в исходной смеси. (*Ответ:* 20,65%)
- Установите соответствие между формулами реагентов и продуктами их взаимодействия

Формулы реагентов

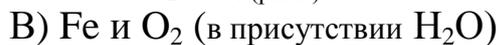


Продукты взаимодействия



- Установите соответствие между формулами исходных веществ и названиями продуктов их взаимодействия

Формулы веществ



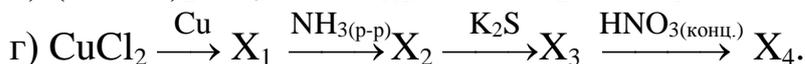
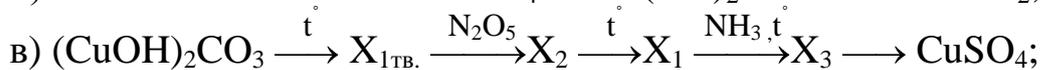
Продукты взаимодействия



5) нитрат железа (II), оксид азота и вода

6) нитрат железа (III), оксид азота и вода

6. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Определите неизвестные вещества. Укажите типы реакций.

Дополнительные задания

1. При взаимодействии цинка и карбоната цинка с избытком соляной кислоты выделилось 6,72 л газа. После сжигания образовавшегося газа на воздухе и конденсации водяных паров объем его уменьшился до 4,48 л. Определите массовую долю цинка в исходной смеси.

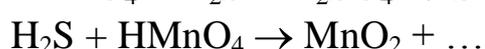
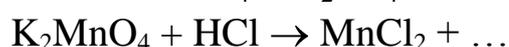
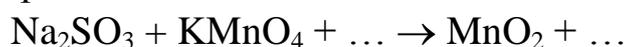
(Ответ: 20,65%)

2. Медный стержень массой 140,8 г выдержали в растворе нитрата серебра, после чего его масса составила 171,2 г. Найдите объем 32%-ной азотной кислоты (плотность 1,2 г/мл), израсходованной на растворение стержня после его выдерживания в растворе нитрата серебра. Ответ: 969,8 мл

3. 95,8 г смеси оксидов меди (II) и железа (III) восстановили водородом. При действии на продукт избытком соляной кислоты выделилось 4,48 л газа (н.у.). Какова масса меди, образовавшейся при восстановлении?

(Ответ: 63,8 г)

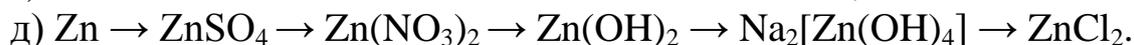
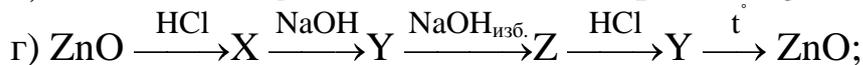
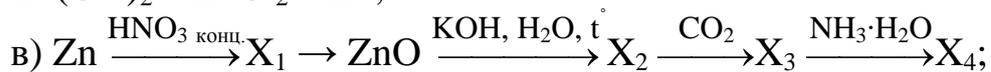
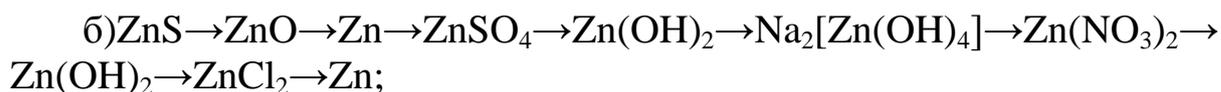
4. Используя метод электронного баланса, составьте уравнения следующих реакций:



Определите окислитель и восстановитель, процессы окисления и восстановления.

5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:





Определите неизвестные вещества. Дайте название веществам. Для окислительно–восстановительных реакций коэффициенты расставьте методом электронного баланса. Для реакций, протекающих в растворе, составьте уравнения в молекулярном и ионном виде.

Занятие 16

Тема: Неметаллы. Водород. Общая характеристика элементов VII-A гр. Хлор. Хлороводород. Соляная кислота. Кислородсодержащие соединения хлора.

Учебно-целевые вопросы:

1. Водород: строение атома, молекулы, валентность и степени окисления. Распространение водорода в природе. Изотопы водорода.
2. Лабораторные и промышленные способы получения водорода. Физические и химические свойства водорода.
3. Общая характеристика главной подгруппы VII группы.
4. Хлор: положение в ПСЭ, строение атома, молекулы, валентность и степени окисления.
5. Способы получения хлора: а) лабораторные; б) промышленные.
6. Физические и химические свойства хлора. Сравнение химической активности галогенов.
7. Хлороводород: строение, способы получения и свойства.
8. Зависимость кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств кислородсодержащих соединений от степени окисления хлора.
9. Свойства и применение важнейших кислородных соединений хлора (хлорная известь, бертолетова соль, гипохлориты).
10. Качественная реакция на галогенид-ионы.

Обучающие задания:

Задача № 1.

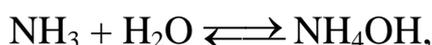
Могут ли реагировать между собой бинарные водородные соединения? Дайте обоснованный ответ. Приведите уравнения возможных реак-

ций на примере элементов 2-го и 3-го периодов периодической системы Д.И. Менделеева.

Решение.

1. Бинарные водородные соединения элементов 2-го и 3-го периодов могут вступать во взаимодействие друг с другом, проявляя как кислотные свойства, так и окислительно-восстановительные. Так, например, между собой реагируют:

1) аммиак и вода, с образованием гидроксида аммония:



2) аммиак и хлороводород (или фтороводород), с образованием хлорида аммония:



3) фосфин и хлороводород, с образованием хлорида фосфония:



В этих реакциях аммиак и фосфин проявляют свойства оснований, а вода, хлороводород и фтороводород – свойства кислот.

2. В окислительно-восстановительные взаимодействия вступают гидрид лития и натрия с водой и с хлороводородом и сероводородом:

1) $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2$ (LiH – восстановитель, H_2O – окислитель);

2) $\text{NaH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2$ (NaH – восстановитель, HCl – окислитель);

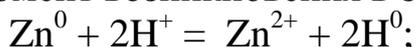
3) $2\text{NaH} + \text{H}_2\text{S} = \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2$ (NaH – восстановитель, H_2S – окислитель).

Задача № 2.

Имеются два раствора, содержащих подкисленный серной кислотой перманганат калия. В один из растворов пропускают водород из аппарата Киппа, а в другой бросили несколько гранул цинка. Какой из этих растворов обесцветится первым?

Решение.

Первым обесцветится раствор, в который добавили цинк. В этом случае KMnO_4 восстанавливается атомарным водородом, который образуется в момент возникновения в зоне проводимой реакции



Из аппарата Киппа поступает молекулярный водород, который менее активен.

Атомарный водород обладает очень высокой восстановительной способностью, чем молекулярный. Причина таких различий в свойствах: не требуется затрачивать дополнительную энергию на разрыв связи Н-Н в молекуле H_2 .

Задача № 3.

Некоторый элемент образует гидрид ЭН₃, массовая доля водорода в котором равна 8,82%. Определите этот элемент.

Решение.

I способ решения.

1. Рассчитаем относительную молекулярную массу ЭН₃, воспользовавшись расчетной формулой массовой доли химического элемента в веществе:

$$w(\text{Э}) = \frac{Ar(\text{Э}) \cdot n}{Mr} \cdot 100\% ;$$

$$Mr(\text{ЭН}_3) = \frac{Ar(\text{H}) \cdot 3}{w(\text{H})} \cdot 100\% ;$$

$$Mr(\text{ЭН}_3) = \frac{1 \cdot 3}{8,82\%} \cdot 100\% = 34.$$

2. Рассчитаем относительную атомную массу элемента:

$$Ar(\text{Э}) + 1 \cdot 3 = 34$$

$Ar(\text{Э}) = 31$, следовательно, элемент – это фосфор.

II способ решения.

1. Примем массу гидрида ЭН₃ за 100 г: $m(\text{ЭН}_3) = 100$ г, тогда масса водорода и масса элемента будут равны соответственно:

$$m(\text{H}) = m(\text{ЭН}_3) \cdot w(\text{H});$$

$$m(\text{H}) = 100 \cdot 0,0882 = 8,82 \text{ г};$$

$$m(\text{Э}) = 100 \text{ г} - 8,82 \text{ г} = 91,18 \text{ г}.$$

2. Рассчитаем количество вещества водорода:

$$n(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})}; \quad n(\text{H}) = \frac{8,82 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 8,82 \text{ моль}.$$

3. Рассчитаем количество вещества элемента из соотношения атомов водорода и элемента в формуле гидрида:

$$n(\text{H}) : n(\text{Э}) = 3 : 1; \quad n(\text{Э}) = 1/3 n(\text{H}) = 1/3 \cdot 8,82 \text{ моль} = 2,94 \text{ моль}.$$

4. Рассчитаем молярную массу элемента:

$$M(\text{Э}) = \frac{m(\text{Э})}{n(\text{Э})}; \quad M(\text{Э}) = \frac{91,18 \text{ г}}{2,94 \text{ г/моль}} = 31 \text{ г/моль}, \text{ следовательно, элемент – фосфор.}$$

Ответ: элемент – фосфор.

Задача № 4.

При действии соляной кислоты на 4,66 г смеси железа и цинка было получено 1,792 л водорода (н.у.) Определите состав смеси.

Решение.

1. Составим уравнения происходящих реакций:



2. Найдем количество вещества водорода:

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m}; \quad n(\text{H}_2) = \frac{1,792 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,08 \text{ моль}$$

Рассчитанное количество вещества является общим для (1) и (2) реакции.

3. Обозначим количество вещества водорода по (1) реакции через x :

$n_1(\text{H}_2) = x$ моль, тогда количество вещества водорода по (2) реакции будет равно: $n_2(\text{H}_2) = (0,08 - x)$ моль.

4. Найдем количество вещества железа и цинка по (1) и (2) уравнению соответственно:

$$n(\text{Fe}) = n_1(\text{H}_2) = x \text{ моль};$$

$$n(\text{Zn}) = n_2(\text{H}_2) = (0,08 - x) \text{ моль}.$$

5. Рассчитаем массу железа и цинка:

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}); \quad m(\text{Fe}) = 56x \text{ г};$$

$$m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn}); \quad m(\text{Zn}) = 65 \cdot (0,08 - x) \text{ г}.$$

6. Составим алгебраическое уравнение, приравняв найденные значения масс железа и цинка к массе смеси:

$$m(\text{Fe}) + m(\text{Zn}) = 4,66; \quad 56x + 65(0,08 - x) = 4,66;$$

$$56x + 5,2 - 65x = 4,66;$$

$$9x = 0,54;$$

$$x = 0,06 \text{ моль}.$$

7. Рассчитаем массы железа и цинка:

$$m(\text{Fe}) = 56x; \quad m(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль} \cdot 0,06 \text{ моль} = 3,36 \text{ г};$$

$$m(\text{Zn}) = 65 \cdot (0,08 - x); \quad m(\text{Zn}) = 65 \cdot (0,08 - 0,06) = 1,3 \text{ г}.$$

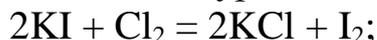
Ответ: 3,36 г Fe; 1,3 г Zn.

Задача № 5.

1 л смеси газов, состоящей из хлора, водорода и хлороводорода, пропустили через раствор йодида калия. При этом выделилось 2,54 г йода, а оставшийся объем газа составил 500 мл (н.у.). Определите объемные доли (%) веществ в исходной смеси.

Решение.

1. Составим уравнение происходящей реакции:



водород и хлороводород с йодидом калия взаимодействовать не будут, но так как хлороводород хорошо растворим в воде, он поглотится раствором йодида калия и оставшийся объем газа 500 мл – это объем водорода, который в воде нерастворим.

2. Найдем количество вещества йода:

$$n(\text{I}_2) = \frac{m(\text{I}_2)}{M(\text{I}_2)}; \quad n(\text{I}_2) = \frac{2,54 \text{ г}}{254 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль}$$

3. Найдем по уравнению реакции количество вещества хлора:

$$n(\text{Cl}_2) = n(\text{I}_2) = 0,01 \text{ моль}$$

4. Рассчитаем объем хлора:

$$V(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \cdot V_m(\text{Cl}_2); \quad V(\text{Cl}_2) = 0,01 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,224 \text{ л}$$

5. Рассчитаем объемную долю каждого газа в смеси:

$$\varphi(\text{газа}) = \frac{V(\text{газа})}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% ;$$

$$\varphi(\text{Cl}_2) = \frac{V(\text{Cl}_2)}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% ; \quad \varphi(\text{Cl}_2) = \frac{0,224 \text{ л}}{1 \text{ л}} \cdot 100\% = 22,4\%$$

$$\varphi(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V(\text{смеси})} \cdot 100\% ; \quad \varphi(\text{H}_2) = \frac{0,5 \text{ л}}{1 \text{ л}} \cdot 100\% = 50\%$$

$$\varphi(\text{HCl}) = 100\% - 22,4\% - 50\% = 27,6\%$$

$$\text{Ответ: } \varphi(\text{Cl}_2) = 22,4\%; \varphi(\text{H}_2) = 50\%; \varphi(\text{HCl}) = 27,6\%$$

Задача № 6.

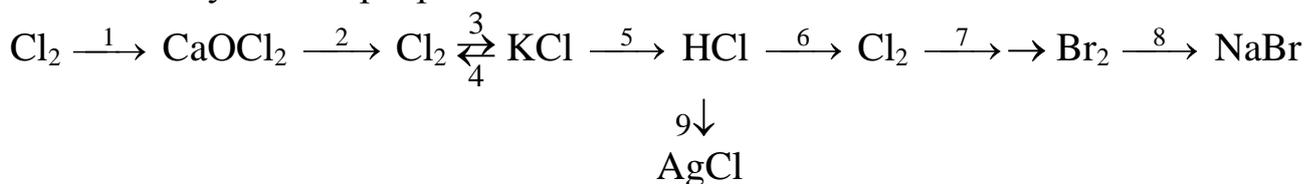
Даны вещества: хлор, алюминий, йодид калия и концентрированная серная кислота. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Решение.

- $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3$
- $2\text{KI} + \text{Cl}_2 = \text{I}_2 + 2\text{KCl}$
- $8\text{KI}(\text{тв.}) + 5\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) = 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \xrightarrow{t} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$

Задача № 7.

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Укажите условия проведения реакций. Какие из приведенных реакций являются окислительно-восстановительными?

Решение.

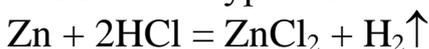
- $\text{Cl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaOCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (реакция ОВР)
- $\text{CaOCl}_2 + 2\text{HCl} = \text{Cl}_2\uparrow + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (реакция ОВР)
- $\text{Cl}_2 + 2\text{K} = 2\text{KCl}$ (реакция ОВР)
- $2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{KOH}$ (реакция ОВР)
- $2\text{KCl}(\text{тв.}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \xrightarrow{t} \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}\uparrow$
- $4\text{HCl} + \text{MnO}_2 = \text{Cl}_2\uparrow + \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (реакция ОВР)
- $\text{Cl}_2 + 2\text{KBr} = 2\text{KCl} + \text{Br}_2$ (реакция ОВР)
- $3\text{Br}_2 + 6\text{NaOH} \xrightarrow{t} \text{NaBrO}_3 + 5\text{NaBr} + 3\text{H}_2\text{O}$ (реакция ОВР)
- $\text{HCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{HNO}_3$

Задача №8.

В стакан, содержащий 200 г 10%-ного раствора соляной кислоты, опустили цинковую пластинку. Когда ее вынули, промыли и высушили, оказалась, что масса пластинки уменьшилась на 6,5 г. Определите концентрацию соляной кислоты после реакции.

Решение.

1. Составим уравнение происходящей реакции:



2. Рассчитаем массу HCl в исходном растворе:

$$m(\text{HCl}) = w(\text{HCl}) \cdot m(\text{р-ра})$$

$$m(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 200 \text{ г} = 20 \text{ г}$$

3. Найдем количество вещества прореагировавшего цинка:

$$n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})}; \quad n(\text{Zn}) = \frac{6,5 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

4. Найдем по уравнению реакции количество вещества и массу HCl, вступившего в реакцию:

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{Zn}) = 2 \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль};$$

$$m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 7,3 \text{ г}$$

5. Рассчитаем массу HCl, оставшегося в растворе:

$$m(\text{HCl}) = 20 \text{ г} - 7,3 \text{ г} = 12,7 \text{ г}$$

6. Рассчитаем массу раствора соляной кислоты после реакции:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра исх.}) + m(\text{Zn}) - m(\text{H}_2)$$

$$m(\text{р-ра}) = 200 \text{ г} + 6,5 \text{ г} - 0,1 \cdot 2 \text{ г} = 206,3 \text{ г}$$

7. Рассчитаем массовую долю соляной кислоты в растворе после реакции:

$$w(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\%;$$

$$w(\text{HCl}) = \frac{12,7 \text{ г}}{206,3 \text{ г}} \cdot 100\% = 6,16 \%$$

Ответ: 6,16 %

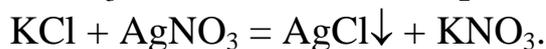
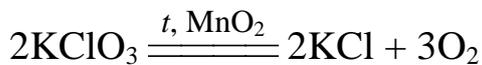
Задача № 9.

При термическом разложении соли А в присутствии катализатора образовалась соль Б и газ Г, поддерживающий горение. При взаимодействии соли А с соляной кислотой выделяется желто-зеленый газ В и образуется соль Б. Газы В и Г между собой не взаимодействуют. При взаимодействии соли Б с раствором нитрата серебра выпадает белый осадок. Назовите неизвестные вещества, напишите уравнения всех упомянутых реакций.

Решение.

Газом, поддерживающий горение, является кислород, следовательно Г – это O_2 . Желто-зеленым газом В может быть хлор, что удовлетворяет условию задачи: кислород с хлором не взаимодействуют. Выпадение бе-

лого осадка при взаимодействии с нитратом серебра указывает на то, что солью Б является растворимый хлорид, например, хлорид калия KCl. Хлорид калия образуется вместе с кислородом при разложении хлората калия, следовательно, А – это KClO₃.

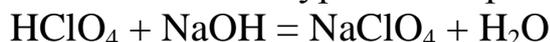


Задача № 10.

Смешали 100 мл 30%-ного раствора хлорной кислоты ($\rho = 1,11$ г/мл) и 300 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,10$ г/мл). Какой объем воды следует добавить к полученной смеси, чтобы массовая доля перхлората натрия в ней составила бы 8%?

Решение.

1. Составим уравнение реакции:



2. Рассчитаем массы растворов реагирующих веществ:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = V_{(\text{р-ра})} \cdot \rho = 300 \text{ мл} \cdot 1,10 \text{ г/мл} = 330 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{HClO}_4) = V_{(\text{р-ра})} \cdot \rho = 100 \text{ мл} \cdot 1,11 \text{ г/мл} = 111 \text{ г}$$

3. Рассчитаем массы исходных веществ:

$$m(\text{HClO}_4) = w(\text{HClO}_4) \cdot m(\text{р-ра})$$

$$m(\text{HClO}_4) = 0,3 \cdot 111 \text{ г} = 33,3 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = w(\text{NaOH}) \cdot m(\text{р-ра})$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 330 \text{ г} = 66 \text{ г}$$

4. Рассчитаем количество вещества реагентов:

$$n(\text{HClO}_4) = \frac{m(\text{HClO}_4)}{M(\text{HClO}_4)}; \quad n(\text{HClO}_4) = \frac{33,3 \text{ г}}{100,5 \text{ г/моль}} = 0,33 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})}; \quad n(\text{NaOH}) = \frac{66 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 1,65 \text{ моль}$$

Сделаем вывод, какое вещество находится в избытке, а какое прореагирует полностью. По уравнению реакции $n(\text{HClO}_4) : n(\text{NaOH}) = 1 : 1$; по условия задачи $n(\text{HClO}_4) : n(\text{NaOH}) = 0,33 : 1,65 = 1 : 5$, следовательно NaOH – в избытке, HClO₄ прореагирует полностью.

5. Рассчитаем количество вещества и массу продукта реакции:

$$n(\text{NaClO}_4) = n(\text{HClO}_4) = 0,33 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaClO}_4) = n(\text{NaClO}_4) \cdot M(\text{NaClO}_4) = 0,33 \text{ моль} \cdot 122,5 \text{ г/моль} = 40,4 \text{ г}$$

6. Обозначим массу воды, которую добавили после протекания реакции, через x г. Масса раствора после добавления воды равна:

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) + m_{\text{р-ра}}(\text{HClO}_4) + m(\text{H}_2\text{O}) = 330 + 111 + x = 441 + x$$

7. Вычислим массу воды, для этого известные значения подставим в формулу: $w = \frac{m_{\text{р.в.}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\%$; $0,08 = \frac{40,4}{441 + \delta} \cdot 100\%$; откуда $x = 64$ г

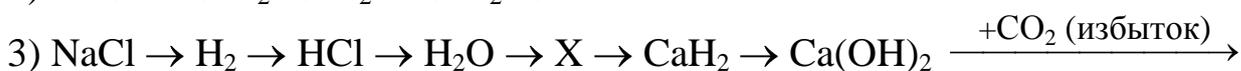
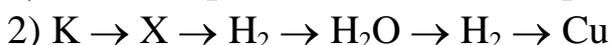
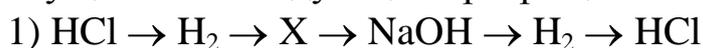
8. Определим объем воды:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho} = \frac{64 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 64 \text{ мл}$$

Ответ: 64 мл.

Задания для самостоятельного решения

1. Осуществите следующие превращения:

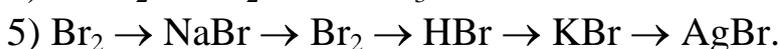
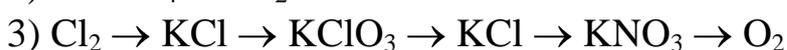
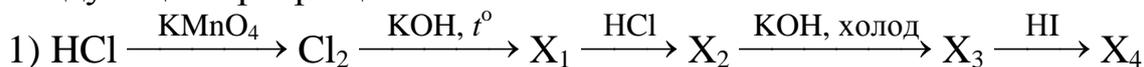


Y.

2. Смесь водорода и кислорода имеет плотность по воздуху 0,276 при н.у. Определите объемные доли газов в смеси. (Ответ: 80% и 20%).

3. Газ, выделившийся на аноде при электролизе 200 г 20% раствора хлорида натрия, пропустили через 400 г 30% раствора бромида калия. К полученному раствору добавили избыток раствора нитрата серебра. Определите количественный состав (в г) выпавшего осадка. (Ответ: 61 г AgBr и 98,12 г AgCl)

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



5. Найдите объем хлороводорода (н.у.) и массу воды, которые потребуются для приготовления 200 г 20% соляной кислоты. (Ответ: 160 г H₂O; 24,55 л HCl).

Дополнительные задания

1. При полном восстановлении водородом оксида металла со степенью окисления +2 массой 14,4 г образовалось 11,2 г этого металла. Определите, оксид какого металла был подвергнут восстановлению. (Ответ: Fe)

2. Какой объем раствора с массовой долей гидроксида натрия 20% (плотность 1,22 г/мл) необходимо взять, чтобы выделившегося при его вза-

- имодействии с кремнием хватило на получение 8 г гидрида лития?
(*Ответ:* 81,97мл)
- Какую массу перманганата калия, и какой объем раствора с массовой долей соляной кислоты 28% (пл. 1,15 г/мл) необходимо взять для получения такого количества хлора, которое может вытеснить из раствора бромида калия бром массой 40,32 г, если выход брома 80%? (*Ответ:* 17,7 г; 101,6 мл).
 - Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - $\text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO} \rightarrow \text{KCl}$;
 - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O эл.ток}} \text{X}_1 \xrightarrow{+\text{KI}} \text{X}_2 \xrightarrow{+\text{AgNO}_3} \text{X}_3$;
 - $\text{NaI} \rightarrow \text{NaBr} \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$.
 - При нагревании бертолетовой соли часть ее разложилась с выделением кислорода, а часть с образованием перхлората и хлорида калия. Определите массу и состав остатка, если при нагревании 73,5 г бертолетовой соли выделилось 6,72 л кислорода (н.у.). (*Ответ:* 22,35 г KCl; 41,55 г KClO₄).

Занятие 17

Тема: Общая характеристика элементов VI-A гр. Кислород. Озон. Сера. Сероводород. Кислородсодержащие соединения серы.

Учебно-целевые вопросы:

- Общая характеристика главной подгруппы VI-группы.
- Кислород. Способы получения. Химические свойства кислорода. Озон.
- Сера. Сероводород. Оксиды серы (IV) и (VI).
- Сернистая кислота. Сульфиты. Окислительно-восстановительные свойства.

Обучающие задания:

Задача № 1.

Объемная доля кислорода в его смеси с озоном составляет 20%. Какой объем смеси с кислородом потребуется для окисления металлического серебра массой 24 г?

Решение.

1. Составим уравнения реакций:



2. Рассчитаем количество вещества серебра и озона:

$$n(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{27 \text{ г}}{108 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{Ag}) = \frac{0,25}{2} = 0,125 \text{ моль}$$

3. Определим объемную долю озона в смеси:

$$\varphi(\text{O}_3) = 100\% - \varphi(\text{O}_2) = 100\% - 20\% = 80\%$$

4. Найдем объем озонированного кислорода:

$$\varphi(\text{O}_3) = \frac{V(\text{O}_3)}{V_{\text{смеси}}}; \quad V_{\text{смеси}} = \frac{V(\text{O}_3)}{\varphi(\text{O}_3)} = \frac{0,125 \cdot 22,4}{0,8} = 3,5 \text{ л}$$

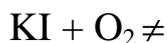
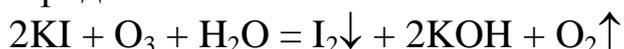
Ответ: 3,5 л.

Задача № 2.

Предложите простейший химический способ определения примеси озона в кислороде. Ответ подтвердите уравнением реакции.

Решение.

Чтобы определить наличие примеси озона в кислороде, необходимо пропустить исследуемую пробу кислорода через раствор йодида калия: появление бурого (или желтого) окрашивания будет свидетельствовать о том, что кислород содержит примесь озона, т.к. озон окисляет йодид-ион, а кислород нет.



Образование йода можно доказать по изменению окраски раствора в присутствии крахмала: происходит посинение.

Задача № 3.

Для определения содержания кислорода в воздухе 200 мл воздуха смешали со 100 мл водорода. Смесь подожгли. После окончания реакции и конденсации паров воды объем газовой смеси составил 174 мл. Рассчитайте объемную долю кислорода в воздухе, учитывая, что все объемы газов измерялись при одинаковых условиях.

Решение.

1. Составим уравнение реакции:



2. Найдем уменьшение объема системы по уравнению реакции, учитывая, что образовавшиеся пары воды после окончания реакции сконденсировались: $\Delta V_{(\text{по уравнению})} = 3V - 0 = 3V$.

3. Найдем уменьшение объема системы по условию задачи:

$$\Delta V_{(\text{по условию})} = V(\text{воздуха}) + V(\text{H}_2) - V(\text{после реакции}) = 200 + 100 - 174 = 126 \text{ мл}$$

4. Рассчитаем объем кислорода:

$3V = 126 \text{ мл}$, следовательно $1V = 126 : 3 = 42 \text{ мл}$, что соответствует одному объему кислорода (см. уравнение реакции), т.е. $V(\text{O}_2) = 42 \text{ мл}$.

6. Найдем объемную долю кислорода в воздухе:

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_{\text{воздуха}}} = \frac{42 \text{ мл}}{200 \text{ мл}} \cdot 100\% = 21\%$$

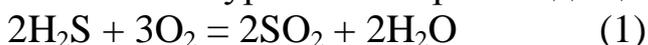
Ответ: 21%

Задача № 3.

Продукты полного сгорания 3,36 л сероводорода (н.у.) поглощены 50,4 мл 23%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,21г/мл). Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

Решение.

1. Составим уравнения происходящих реакций:



2. Найдем количество вещества сероводорода:

$$n(\text{H}_2\text{S}) = \frac{V(\text{H}_2\text{S})}{V_m}; \quad n(\text{H}_2\text{S}) = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

3. Найдем количество вещества оксида серы(IV) и воды по уравнению (1):

$$n(\text{SO}_2) = n(\text{H}_2\text{S}) = 0,15 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{S}) = 0,15 \text{ моль}$$

4. Рассчитаем массу раствора гидроксида калия:

$$m(\text{р-ра}) = \rho(\text{р-ра}) \cdot V(\text{р-ра}); \quad m(\text{р-ра}) = 1,21 \text{ г/мл} \cdot 50,4 \text{ мл} = 61 \text{ г}$$

5. Рассчитаем массу и количество вещества гидроксида калия:

$$m(\text{KOH}) = w(\text{KOH}) \cdot m(\text{р-ра}); \quad m(\text{KOH}) = 0,23 \cdot 61 \text{ г} = 14,03 \text{ г}$$

$$n(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})}; \quad n(\text{KOH}) = \frac{14,03 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

6. Определим, какая соль образовалась, кислая (уравнение (2)) или средняя (уравнение (3)). Для этого найдем соотношение реагентов:

$n(\text{SO}_2) : n(\text{KOH}) = 0,15 : 0,25 = 1 : 1,67$; следовательно, образовалась и кислая, и средняя соль, т.к. чтобы образовалась только кислая соль соотношение реагентов должно быть 1:1 (см. уравнение (2)); чтобы образовалась только средняя соль соотношение реагентов должно быть 1:2 (см уравнение (3)).

7. Найдем количество вещества гидроксида калия, вступившего в реакцию, и образующейся соли по уравнению (2):

$$n(\text{KOH}) = n(\text{SO}_2) = 0,15 \text{ моль}; \quad n(\text{KHSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 0,15 \text{ моль};$$

8. Найдем избыточное количество вещества KOH:

$$n(\text{KOH})_{\text{изб}} = 0,25 - 0,15 = 0,1 \text{ моль};$$

Избыточное количество KOH прореагирует с частью кислой соли по уравнению (4):



9. Найдем количество вещества KHSO_3 , вступившее в реакцию, и количество вещества K_2SO_3 , образующееся по уравнению (4):

$$n(\text{KHSO}_3) = n(\text{K}_2\text{SO}_3) = n(\text{KOH})_{\text{изб}} = 0,1 \text{ моль}$$

10. Найдем оставшееся количество вещества KHSO_3 в растворе:

$$n(\text{KHSO}_3) = 0,15 - 0,1 = 0,05 \text{ моль};$$

11. Рассчитаем массы солей KHSO_3 и K_2SO_3 в растворе:

$$m(\text{KHSO}_3) = n(\text{KHSO}_3) \cdot M(\text{KHSO}_3) = 0,05 \text{ моль} \cdot 120 \text{ г/моль} = 6 \text{ г};$$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_3) = n(\text{K}_2\text{SO}_3) \cdot M(\text{K}_2\text{SO}_3) = 0,1 \text{ моль} \cdot 158 \text{ г/моль} = 15,8 \text{ г}$$

12. Рассчитаем массу раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра KOH}) + m(\text{SO}_2) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2) = 0,15 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 9,6 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,15 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 2,7 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = 61 + 9,6 + 2,7 = 73,3 \text{ г}$$

13. Рассчитаем массовые доли солей в растворе:

$$w(\text{KHSO}_3) = \frac{m(\text{KHSO}_3)}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\%; \quad w(\text{KHSO}_3) = \frac{6 \text{ г}}{73,3 \text{ г}} \cdot 100\% = 8,19\%$$

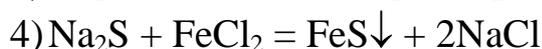
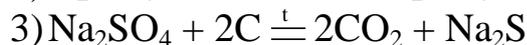
$$w(\text{K}_2\text{SO}_3) = \frac{m(\text{K}_2\text{SO}_3)}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\%; \quad w(\text{K}_2\text{SO}_3) = \frac{15,8 \text{ г}}{73,3 \text{ г}} \cdot 100\% = 21,56\%$$

Ответ: 8,19% KHSO_3 ; 21,56% K_2SO_3

Задача № 4.

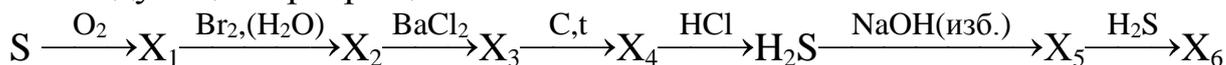
Предложите способ получения сульфида железа из медного купороса не используя другие серосодержащие соединения. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения.

Решение.

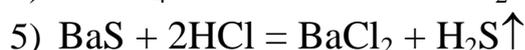
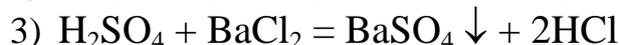


Задача № 5.

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Решение.



**Задача № 6.**

Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами их взаимодействия.

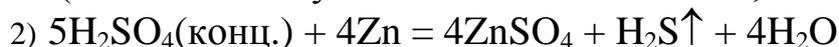
РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	ПРОДУКТЫ
1) $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) + \text{NaCl}(\text{тв.}) \rightarrow$	А) $\text{HCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$
2) $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) + \text{Zn} \rightarrow$	Б) $\text{Cl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
3) $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) + \text{Zn} \rightarrow$	В) $\text{ZnO} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
4) $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) + \text{ZnO} \rightarrow$	Г) $\text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
	Д) $\text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	Е) $\text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$.

Решение.

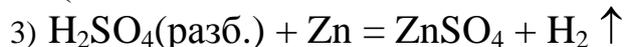
Составим уравнения реакций приведенных схем, помня о специфических свойствах концентрированной серной кислоты:



(вытесняет летучие кислоты из их солей, ответ А);



(сильный окислитель за счет SO_4^{2-} , ответ Г);



(окислитель за счет H^+ , ответ Е);



(при взаимодействии с амфотерными оксидами проявляет общие свойства кислот, ответ Д).

1	2	3	4
А	Г	Е	Д

Ответ: АГЕД

Задача № 7.

Рассчитайте массовую долю оксида серы(VI) в олеуме, если для приготовления олеума использовали 900 г серного ангидрида и 150 г воды.

Решение.

Олеум – это раствор SO_3 в безводной серной кислоте.

1. Составим уравнение реакции: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$

2. Найдем количество вещества оксида серы(VI) и воды:

$$n(\text{SO}_3) = \frac{m(\text{SO}_3)}{M(\text{SO}_3)}; \quad n(\text{SO}_3) = \frac{900\text{г}}{80\text{г/моль}} = 11,25\text{моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}; \quad n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{150\text{г}}{18\text{г/моль}} = 8,33\text{ моль}$$

3. Рассчитаем количество вещества SO_3 , которое израсходовалось на образование безводной серной кислоты:

т.к. по уравнению реакции $n(\text{SO}_3) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1:1$, то SO_3 – в избытке, H_2O – в недостатке

$$n(\text{SO}_3) = n(\text{H}_2\text{O}) = 8,33 \text{ моль}$$

4. Найдем избыточное количество вещества и массу оксида серы(VI):

$$n(\text{SO}_3) = 11,25 - 8,33 = 2,92 \text{ моль}$$

$$m(\text{SO}_3) = n(\text{SO}_3) \cdot M(\text{SO}_3); \quad m(\text{SO}_3) = 2,92 \text{ моль} \cdot 80 \text{ г/моль} = 233,6 \text{ г}$$

4. Рассчитаем массу олеума:

$$m(\text{олеума}) = m(\text{SO}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) = 900 + 150 = 1050 \text{ г}$$

5. Рассчитаем массовую долю SO_3 в олеуме:

$$w(\text{SO}_3) = \frac{m(\text{SO}_3)}{m(\text{олеума})} \cdot 100\%; \quad w(\text{SO}_3) = \frac{233,6\text{г}}{1050\text{г}} \cdot 100\% = 22,2\%$$

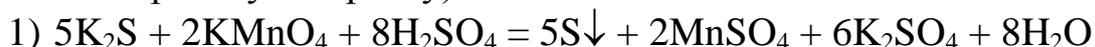
Ответ: 22,2% SO_3

Задача № 8.

В трех стаканах без надписей находятся растворы сульфида калия, сульфита калия и сульфата калия. С помощью какого одного реактива можно определить, какая соль находится в каждом стакане? Составьте уравнения протекающих реакций.

Решение.

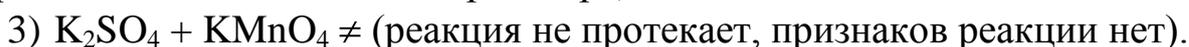
Метод определения может быть основан на способности сульфидов и сульфитов окисляться, в отличие от сульфатов. Добавим к содержимому каждого из трех стаканов подкисленный раствор перманганата калия, (имеющий розовую окраску):



(происходит обесцвечивание раствора и помутнение за счет выпадающей в осадок серы).



(происходит обесцвечивание раствора)



Ответ: $\text{KMnO}_4(\text{p-p})$

Задача № 9.

Напишите четыре уравнения реакций между следующими веществами: оксид серы(VI), вода, концентрированная серная кислота и йодид калия.

Решение.

Составим уравнения реакций между указанными веществами:

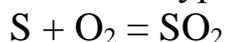
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$
- $2\text{SO}_3 + 2\text{KI} = \text{I}_2 + \text{SO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$
- $9\text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{KI} = \text{H}_2\text{S} + 4\text{I}_2 + 8\text{KHSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$

Задача № 10.

Какую массу серы необходимо сжечь в кислороде, чтобы растворив образовавшийся газ в 1 л воды, получить раствор сернистой кислоты с массовой долей 0,01?

Решение.

- Составим уравнения реакций:



- Обозначим количество вещества серы, сожженное в кислороде, через x , тогда количество вещества сернистого газа и сернистой кислоты будут равны:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_3) = n(\text{SO}_2) = n(\text{S}) = x$$

- Рассчитаем массу сернистого газа и массу сернистой кислоты:

$$m(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_2) \cdot M(\text{SO}_2) = 64x$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_3) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_3) = 82x.$$

- Рассчитаем массу раствора:

$$m(\text{раствора}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{SO}_2) = 1000\text{г} + 64x$$

- Подставим найденные значения массы раствора и массы сернистой кислоты в расчетную формулу массовой доли:

$$w(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_3)}{m(\text{р-ра})} \cdot 100\% ; \quad 0,01 = \frac{82x}{1000 + 64x}$$

Решая уравнение $0,01(1000 + 64x) = 82x$, найдем значение $x = 0,12$ моль

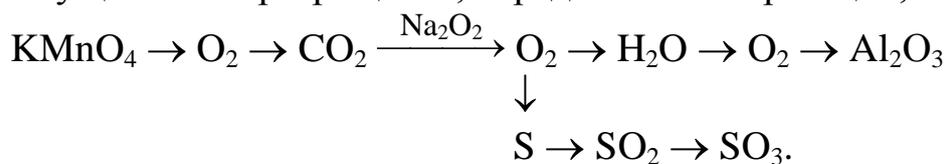
- Рассчитаем массу серы, необходимую для сжигания:

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \cdot M(\text{S}) = 0,12 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 3,84 \text{ г}$$

Ответ: 3,84 г.

Задания для самостоятельного решения

- Осуществите превращения, определите типы реакций, назовите вещества:



- Какую массу серы можно окислить кислородом, который образуется при разложении 215 г бертолетовой соли, содержащей 5 % примесей?

Какой объем займет (при н.у.) газ, образующийся при окислении? (*Ответ:* 80 г S; 56 л SO₂)

3. В 500 мл воды растворили 6,72 л сероводорода (н.у.). Определите массовую долю сероводородной кислоты в полученном растворе. (*Ответ:* 2%).
4. К раствору, содержащему 10,8 г хлорида меди, прибавили раствор, содержащий 1,7 г сероводорода. Воду выпарили. Определить состав твердого остатка. (*Ответ:* 4,8 г CuS; 4,05 г CuCl₂)
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - 1) FeS₂ → SO₂ → H₂SO₃ → S → Na₂S → NaHS → H₂S → CuS;
 - 2) S → H₂S → SO₂ → SO₃ → H₂SO₄ → K₂SO₄ → BaSO₄.
6. Сожгли 8,96 л сероводорода в избытке кислорода, выделившийся газ пропустили через 129,5 мл 11%-ного раствора гидроксида натрия (пл. 1,12 г/мл). Какая соль и какой массой образуется? (*Ответ:* 41,6 г).

Дополнительные задания

1. Смесь кислорода и озона имеет плотность по водороду 17,6. Определите объемные доли газов. (*Ответ:* 80%; 20%).
2. При разложении смеси бертолетовой соли и перманганата калия массой 273,4 г образовалось 49,28 л кислорода (н.у.). Определите массы солей в исходной смеси. (*Ответ:* 147 г KClO₃; 126,4 г KMnO₄).
3. Сульфид железа обработали избытком раствора соляной кислоты. При этом выделилось 2,24 л газа (н.у.), который пропустили через 35 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,22 г/мл). Какая соль образовалась и какова ее массовая доля в полученном растворе? (*Ответ:* 16,92% Na₂S)
4. Какой объем раствора с массовой долей сульфида натрия 8% (плотность 1,1 г/мл) потребуется для полного осаждения меди из раствора, полученного обработкой хлороводородной кислотой продукта прокалывания на воздухе 12,8 г меди? (*Ответ:* 177,3 мл)
5. Рассчитайте массовые доли веществ в растворе, полученном при пропускании 2,24 л (н.у.) сероводорода через 250 г 10%-ного раствора сульфата меди(II). (*Ответ:* 4,02% H₂SO₄; 3,7% CuSO₄)
6. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - 1) SO₂ → H₂SO₄ → H₂S → CuS → SO₂ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{S}}$ X;
 - 2) X₁ → O₂ → X₂ → Na₂SO₃ → Na₂SO₄ → BaCl₂;
 - 3) Al₂S₃ → X₁ → S → ZnS → X₁ → PbS;

Занятие 18

Тема: Общая характеристика элементов V-A гр. Азот. Аммиак. Соли аммония. Кислородсодержащие соединения азота.

Учебно-целевые вопросы:

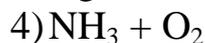
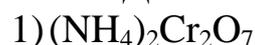
1. Общая характеристика элементов V-A группы.
2. Азот, его физические и химические свойства.
3. Аммиак, ион аммония, соли аммония.
1. Оксиды азота (I, II, IV,): эмпирические и графические формулы, степень окисления и валентность азота в них. Номенклатура оксидов азота.
2. Получение оксидов азота в лаборатории и промышленности.
3. Физические и химические свойства оксидов азота: а) кислотные; б) окислительно-восстановительные.
4. Азотистая кислота и ее соли. Окислительно-восстановительные свойства нитритов.
5. Азотная кислота: эмпирическая и графическая формулы, степень окисления и валентность азота в азотной кислоте.
6. Получение азотной кислоты в лаборатории и промышленности.
7. Физические и химические свойства азотной кислоты: а) кислотные; б) окислительно-восстановительные.
4. Нитраты: получение, физические и химические свойства.

Обучающие задания:

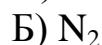
Задача № 1.

Установите соответствие между исходными веществами и образующимся в результате реакции газом.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА



ОБРАЗУЮЩИЙСЯ ГАЗ



Решение.

Составим уравнения реакций с участием предложенных исходных веществ:

1) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{t} \text{N}_2\uparrow + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ (разложение сопровождается изменением степени окисления, т.к. анион кислоты–окислителя; ответ Б)

2) $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{t} \text{N}_2\text{O}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (разложение сопровождается изменением степени окисления, т.к. анион кислоты-окислителя; ответ В)

3) $3\text{Ag} + 4\text{HNO}_3(\text{разб.}) = 3\text{AgNO}_3 + \text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (серебро неактивный металл, а азотная кислота – сильный окислитель за счет NO_3^- ; ответ Г)

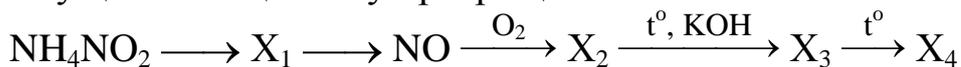
4) $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t} 2\text{N}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ (окисление аммиака без катализатора; ответ Б)

1	2	3	4
Б	В	Г	Б

Ответ: БВГБ

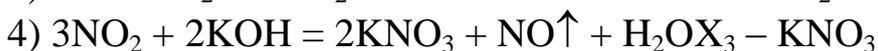
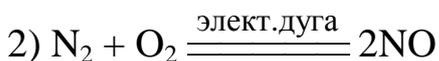
Задача № 2.

Осуществите цепочку превращений:



Определите вещества $X_1 - X_4$, если известно, что X_1 и X_2 газы, X_3 и X_4 твердые вещества. Напишите соответствующие уравнения реакций.

Решение.



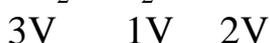
Ответ: $X_1 - \text{N}_2$; $X_2 - \text{NO}_2$; $X_3 - \text{KNO}_3$; $X_4 - \text{KNO}_2$.

Задача № 3.

Смесь азота и водорода объемом 99,2 л (н.у.) пропустили через катализатор. После установления равновесия смесь имела объем 76,8 л. Полученный аммиак растворили в 130 мл 13%-ного раствора аммиака (плотность 0,95 г/мл). Определите массовую долю полученного раствора.

Решение.

1. Составим уравнение реакции:



2. Рассчитаем уменьшение объема исходной смеси по уравнению реакции и по условию задачи:

$$\Delta V_{(\text{по уравнению})} = (3V + 1V) - 2V = 2V$$

$$\Delta V_{(\text{по условию})} = 99,2 - 76,8 = 22,4 \text{ л; т.е. } 2V = 22,4 \text{ л.}$$

3. Из уравнения реакции видно, что аммиака образуется 2V, следовательно объем образующегося аммиака равен 22,4 л (н.у.).

4. Рассчитаем количество вещества и массу образующегося аммиака:

$$n(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_m(\text{NH}_3)}; \quad n(\text{NH}_3) = \frac{22,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3); \quad m(\text{NH}_3) = 1 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 17 \text{ г.}$$

5. Рассчитаем массу исходного раствора аммиака и массу аммиака в нем:

$$m(\text{p-ра}) = V \cdot \rho; \quad m(\text{p-ра})_1 = 130 \text{ мл} \cdot 0,95 \text{ г/мл} = 123,5 \text{ г}$$

$$m(\text{NH}_3) = m(\text{p-ра}) \cdot w(\text{NH}_3); \quad m(\text{NH}_3)_1 = 123,5 \text{ г} \cdot 0,13 = 16,06 \text{ г}$$

6. Найдем общую массу аммиака и массу образовавшегося раствора:

$$m_2(\text{NH}_3) = 17 + 16,06 = 33,6 \text{ г};$$

$$m_2(\text{p-ра}) = 123,5 + 17 = 140,5 \text{ г}.$$

7. Рассчитаем массовую долю аммиака в образовавшемся растворе:

$$w(\text{NH}_3) = \frac{m_2(\text{NH}_3)}{m_2(\text{p-ра})} \cdot 100\%; \quad w(\text{NH}_3) = \frac{33,6 \text{ г}}{140,5 \text{ г}} \cdot 100\% = 23,9\%$$

Ответ: 23,9 %

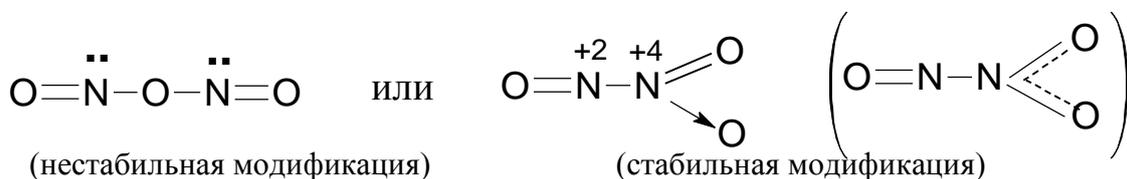
Задача № 4.

Укажите степень окисления и валентность азота в соединениях: NH_4Cl , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 . Напишите графические формулы этих соединений.

Решение:

а) NH_4Cl – степень окисления азота равна -3 , валентность IV . $\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} \right]^+ \text{Cl}^-$

б) N_2O_3 – степень окисления азота равна $+3$, валентность III, IV.



в) NO_2 – степень окисления азота равна $+4$, валентность III.



г) N_2O_5 – степень окисления азота $+5$, валентность IV.

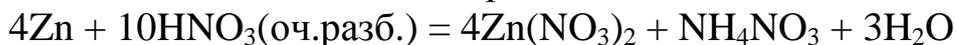


Задача № 5.

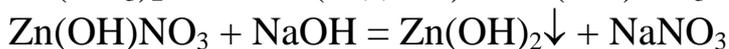
Напишите последовательность химических реакций, которые произойдут при растворении цинка в очень разбавленной азотной кислоте и последующем постепенном прибавлении к полученному раствору раствора щелочи.

Решение.

При взаимодействии очень разбавленной азотной кислоты с металлами средней активности нитрат-ион восстанавливается до N^{-3} , т.е. продуктом восстановления является нитрат аммония:



Образующиеся в растворе соли будут вступать во взаимодействие с раствором щелочи:



Задача № 6.

Смешали равные объемы оксида азота(II) и кислорода. После завершения реакции газовую смесь пропустили через раствор щелочи. Как изменится объем газовой смеси: а) после смешивания оксида азота(II) и кислорода; б) после пропускания смеси через раствор щелочи?

Решение.

1. Составим уравнения происходящих реакций:



2. По закону объемных отношений объемы газов по уравнению (1) относятся друг к другу как:

$$V(NO) : V(O_2) : V(NO_2) = 2 : 1 : 2$$

поэтому, если смешали по одному объему оксида азота(II) и кислорода, то в реакцию вступает 1 объем NO и 0,5 объема O_2 , и образуется 1 объем NO_2 , остается 0,5 объема O_2 . Таким образом, после смешивания объем газовой смеси уменьшился до 1,5 объема.

3. В присутствии кислорода взаимодействие NO_2 со щелочью протекает по уравнению:



поэтому $V(NO_2) : V(O_2) = 4 : 1$

4. Найдем объем кислорода, вступившего в реакцию по уравнению (3):

$$V(O_2) = \frac{1}{4} \cdot V(NO_2) = 0,25$$

Таким образом, раствор щелочи поглощает 1 объем NO_2 и 0,25 объема O_2 и остается 0,25 объема O_2 .

Ответ: а) объем смеси уменьшается до 1,5 объемов; б) объем смеси уменьшается до 0,25 объемов.

Задача № 7.

При прокаливании 14,56 г смеси нитрата калия и нитрата натрия образовалось 12 г смеси твердых продуктов реакции. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

Решение.

1. Составим уравнения реакций:



2. Уменьшение массы исходной смеси произошло за счет выделившегося кислорода. Рассчитаем массу и количество вещества кислорода, выделившегося по (1) и (2) уравнениям:

$$m(\text{O}_2) = 14,56 - 12 = 2,56 \text{ г}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)}; \quad n(\text{O}_2) = \frac{2,56 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,08 \text{ моль}$$

3. Обозначим количество вещества кислорода, выделившегося по (1), через x : $n_1(\text{O}_2) = x$; тогда количество вещества кислорода, выделившегося по (2), $n_2(\text{O}_2) = 0,08 - x$.

4. Найдем количество вещества и массу нитрата калия и нитрата натрия:

$$n(\text{KNO}_3) = 2n_1(\text{O}_2) = 2x \quad n(\text{NaNO}_3) = 2n_2(\text{O}_2) = 2 \cdot (0,08 - x)$$

$$m(\text{KNO}_3) = n \cdot M = 101 \text{ г/моль} \cdot 2x = 202x$$

$$m(\text{NaNO}_3) = n \cdot M = 85 \cdot 2 \cdot (0,08 - x) = 170 \cdot (0,08 - x)$$

5. Составим и решим математическое уравнение:

$$m(\text{KNO}_3) + m(\text{NaNO}_3) = 14,56$$

$$202x + 170 \cdot (0,08 - x) = 14,56$$

$$202x + 13,6 - 170x = 14,56$$

$$32x = 0,96$$

$$x = 0,03$$

6. Рассчитаем массу нитрата калия и нитрата натрия в исходной смеси:

$$m(\text{KNO}_3) = 202x = 202 \cdot 0,03 = 6,06 \text{ г}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = 170 \cdot (0,08 - x) = 170 \cdot (0,08 - 0,03) = 8,5 \text{ г}$$

7. Найдем массовые доли солей в исходной смеси:

$$w(\text{KNO}_3) = \frac{m(\text{KNO}_3)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%; \quad w(\text{KNO}_3) =$$

$$\frac{6,06 \text{ г} \cdot 100\%}{14,56 \text{ г}} = 41,62\%$$

$$w(\text{NaNO}_3) = 100\% - 41,62\% = 58,38\%$$

Ответ: 41,62% KNO_3 ; 58,38% NaNO_3

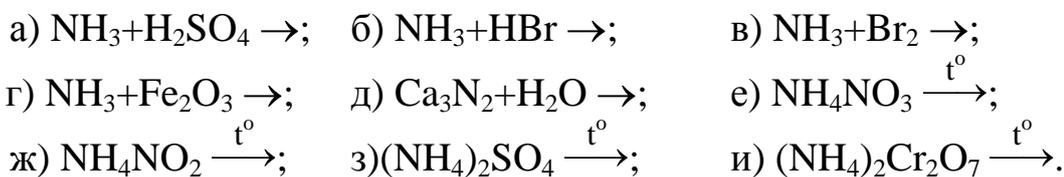
Задания для самостоятельного решения

1. Вычислите объем аммиака (н.у.), который можно получить, нагревая 10,7 г хлорида аммония с гидроксидом кальция массой 14,8 г, если объемная доля выхода аммиака составляет 95%. (*Ответ:* 4,26 л)

2. Какой объем аммиака (н.у.) надо растворить в 289 мл воды для получения раствора с массовой долей NH_3 15%. (*Ответ:* 67,2 л).

3. Необходимо получить 17 г аммиака. Сколько л азота и водорода (н.у.) потребуется для этого, если выход аммиака составляет 50% от теоретического? Какой объем 20%-ного раствора (пл. 1,1 г/мл) соляной кислоты необходимо для нейтрализации этого количества аммиака? (*Ответ:* 22,4 л H_2 ; 67,2 л N_2 ; 166 мл).

4. Закончите уравнения реакций, укажите типы реакций, назовите вещества:



5. В какую сторону сместится химическое равновесие следующих систем: а) $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} - Q$; б) $\text{NO} + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_3 + Q$ при: 1) повышении температуры; 2) понижении давления; 3) понижении концентрации NO .

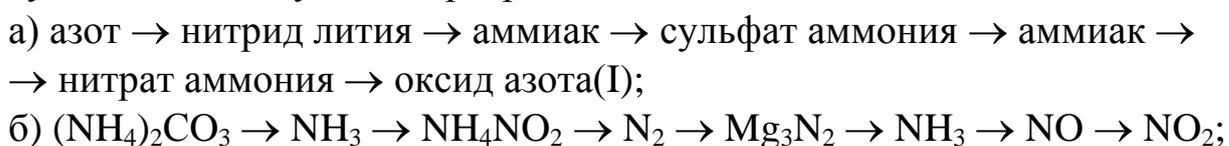
Дополнительные задания

1. В аптеке для получения нашатырного спирта 336 л аммиака (н.у.) растворили в 800 г воды. Определите массовую долю аммиака в полученном растворе. (*Ответ:* 24,17%)

2. Рассчитайте массу хлората калия, который потребуется для получения кислорода, необходимого для каталитического окисления аммиака, образующегося при нагревании 500 г 13,2%-ного раствора сульфата аммония со 100 г гидроксида кальция, содержащего 3,5% примесей. (*Ответ:* 142,1 г)

3. Аммиак объемом 4,48 л (н.у.) пропустили через 200 г 4,9%-го раствора ортофосфорной кислоты. Какая соль образуется в результате реакции? Рассчитайте массовую долю этой соли в полученном растворе. (*Ответ:* 13,2 г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



5. При прокаливании 11,0 г смеси нитратов натрия и калия масса твердого вещества уменьшилась на 1,92 г. Вычислите массовые доли солей в исходной смеси. (Ответ: 5,95 г NaNO_3)

Занятие 19

Тема: Фосфор и его соединения.

Учебно-целевые вопросы:

1. Фосфор. Получение. Аллотропия фосфора. Свойства фосфора.
2. Фосфин.
3. Оксиды фосфора (III, V), получение и химические свойства.
4. Фосфорные кислоты: ортофосфорная, метафосфорная HPO_3 , ортофосфорная H_3PO_4 , пирофосфорная $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

Обучающие задания:

Задача № 1.

С какими из перечисленных веществ может вступить в реакцию ортофосфорная кислота: а) серебро; б) оксид цинка; в) хлорид бария; г) гидроксид кальция; д) оксид серы(VI)? Напишите ионные уравнения возможных реакций.

Решение.

H_3PO_4 проявляет окислительные свойства за счет ионов H^+ , поэтому с металлами, расположенными в ряду напряжений после водорода не взаимодействует:

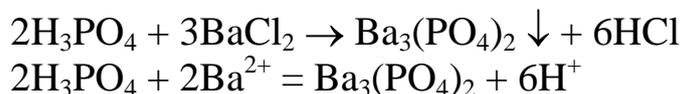


Ортофосфорная кислота проявляет общие свойства кислот:

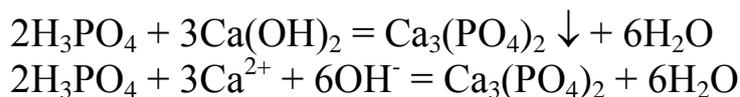
б) взаимодействует с амфотерными оксидами:



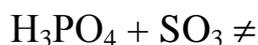
в) с солями:



г) с основаниями:



д) SO_3 – кислотный оксид, поэтому с H_3PO_4 не взаимодействует:



Задача №2.

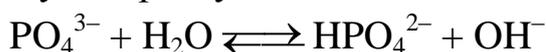
Как отличить фосфат натрия от нитрата натрия? Предложите несколько способов решения.

Решение.

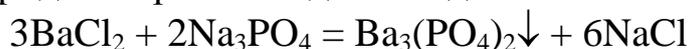
1 способ. Нагреть оба вещества: т.к. нитраты термически неустойчивы, то нитрат натрия будет разлагаться с образованием кислорода, наличие которого можно доказать с помощью тлеющей лучинки, а фосфат натрия разлагаться не будет:



2 способ. Растворить обе соли в воде и добавить фенолфталеин: нитрат натрия гидролизу подвергаться не будет (т.к. образован сильным основанием и сильной кислотой), реакция среды будет нейтральной и окраска фенолфталеина не изменится; фосфат натрия в водном растворе подвергается гидролизу по аниону (т.к. образован сильным основанием и слабой кислотой), реакция среды щелочная и фенолфталеин приобретет малиновую окраску:



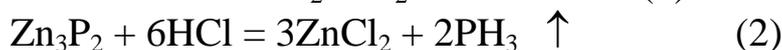
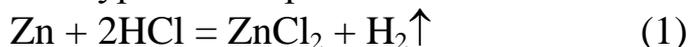
3 способ. Растворить оба вещества в воде и добавить раствор хлорида бария: нитрат натрия взаимодействовать с хлоридом бария не будет, т.к. не происходит связывания ионов; а при взаимодействии фосфата натрия с хлоридом бария выпадает осадок:

**Задача №3.**

Технический препарат фосфида цинка содержит примеси металлического цинка. В результате взаимодействия этого препарата с соляной кислотой были получены газы фосфин и водород в отношении 4:1. Определите массовую долю цинка в техническом препарате.

Решение.

1. Составим уравнения реакций:



2. Из уравнений реакций видно, что при молярных отношениях $n(\text{Zn}):n(\text{Zn}_3\text{P}_2)=1:1$ объемные отношения $V(\text{PH}_3):V(\text{H}_2)=2:1$, а при отношениях $n(\text{PH}_3):n(\text{H}_2) = 4:1$ в смеси на 2 моль Zn_3P_2 приходится 1 моль Zn .

3. Определим массу фосфида цинка и цинка в смеси:

$$m(\text{Zn}_3\text{P}_2) = n(\text{Zn}_3\text{P}_2) \cdot M(\text{Zn}_3\text{P}_2) = 2 \text{ моль} \cdot 257 \text{ г/моль} = 514 \text{ г}$$

$$m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn}) = 1 \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 65 \text{ г}$$

4. Определим массу смеси и массовую долю цинка в смеси:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{Zn}_3\text{P}_2) + m(\text{Zn}) = 514 + 65 = 579 \text{ г}$$

$$w(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn}) \cdot 100\%}{m(\text{смеси})} = \frac{65 \cdot 100\%}{579\text{г}} = 10,9\%$$

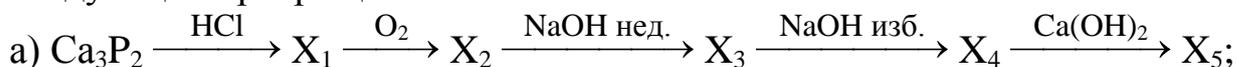
Ответ: 10,9% Zn.

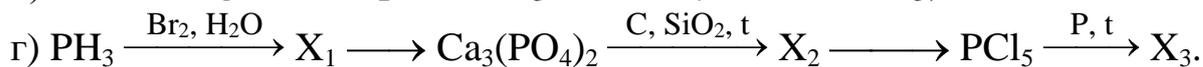
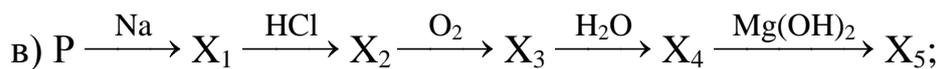
Задания для самостоятельного решения

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - а) фосфор \rightarrow оксид фосфора(V) \rightarrow ортофосфорная кислота \rightarrow фосфат натрия \rightarrow гидрофосфат натрия \rightarrow фосфат натрия \rightarrow фосфат бария;
 - б) фосфор \rightarrow фосфид кальция \rightarrow фосфин \rightarrow оксид фосфора(V) \rightarrow \rightarrow дигидрофосфат калия \rightarrow гидрофосфат калия.
2. Какую массу оксида фосфора(V) и воды нужно взять для приготовления 490 г 20%-ного раствора ортофосфорной кислоты? (Ответ: 71 г P_2O_5 ; 419 г H_2O)
3. Смесь порошков магния и меди массой 12 г обработали избытком ортофосфорной кислоты. Объем выделившегося газа составил 5,6 л (н.у.). Вычислите массовую долю (в%) меди в исходной смеси. (Ответ: 25%)
4. На полную нейтрализацию раствора, содержащего 34,2 г смеси гидроксидов натрия и кальция, было израсходовано 29,4 г ортофосфорной кислоты. Определите количественный состав исходной смеси. (Ответ: 35,09% KOH; 64,91% $\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Дополнительные задания

1. При полном электролизе раствора сульфата железа(II) на катоде выделилось 56 г железа. Сколько граммов фосфора может вступить в реакцию с веществом, выделившимся на аноде, и каков будет состав соли, если полученный продукт реакции растворить в 87,24 мл 28%-ного раствора гидроксида натрия (пл. 1,31 г/мл). (Ответ: 12,4 г P; Na_2HPO_4).
2. Оксид фосфора (V), полученный при сжигании 6,2 г фосфора в избытке кислорода, растворили в 140 мл 14%-ного водного раствора гидроксида калия (плотность 1,14 г/мл). Определите массовую долю образовавшейся соли в полученном растворе. (Ответ: 20%)
3. К 25 мл раствора с массовой долей ортофосфорной кислоты 6% (пл. 1,03 г/мл) прибавили 8,52 г оксида фосфора(V). Определите массовую долю ортофосфорной кислоты в образовавшемся растворе. (Ответ: 32,8%).
4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:





Для окислительно–восстановительных реакций коэффициенты расставьте методом электронного баланса. Дайте название веществам.

Занятие 20

Тема: Общая характеристика элементов IV-A гр. Углерод и его соединения. Кремний и его соединения.

Учебно-целевые вопросы:

1. Общая характеристика элементов IV-A группы.
2. Углерод, аллотропия углерода. Физические и химические свойства углерода.
3. Кислородные соединения углерода: оксиды углерода (II) и (IV), угольная кислота. Соли угольной кислоты.
4. Кремний. Аллотропные модификации кремния.
5. Получение кремния, его физические и химические свойства.
6. Оксиды кремния.
7. Кремниевые кислоты (метакремниевая, ортокремниевая, двуметакремниевая). Силикаты.

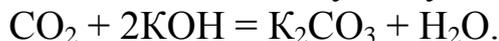
Обучающие задания:

Задача № 1.

Какие из перечисленных веществ можно использовать для осушения углекислого газа: хлорид кальция, концентрированную серную кислоту, гидроксид калия (тв.), оксид фосфора (V).

Решение:

Из указанных веществ нельзя использовать твердый гидроксид калия, так как он взаимодействует с углекислым газом:



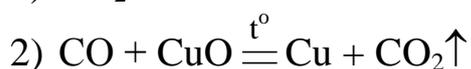
Все остальные вещества можно использовать в качестве осушителей.

Задача № 2.

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Решение.



- 3) $\text{CO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaHCO}_3$
 4) $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 5) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$

Неизвестными веществами являются: $X_1 - \text{CO}_2$; $X_2 - \text{NaHCO}_3$; $X_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3$.

Задача № 3.

Какой максимальный объем углекислого газа (при н.у.) может быть поглощен раствором, полученным при взаимодействии 2,3 г натрия с 100 г воды.

Решение.

1. Составим уравнения происходящих реакций:



2. Найдем количество вещества натрия:

$$n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})}; \quad n(\text{Na}) = \frac{2,3\text{г}}{23\text{г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

3. Найдем количество вещества гидроксида натрия по (1):

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{Na}) = 0,1 \text{ моль}$$

4. Найдем количество вещества углекислого газа. Т.к. по условию задачи требуется рассчитать *максимальный* объем углекислого газа, то реакция протекает по (2) уравнению:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль}$$

5. Рассчитаем объем углекислого газа:

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_m; \quad V(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 2,24 \text{ л}$$

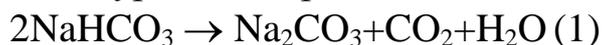
Ответ: 2,24 л CO_2

Задача № 4.

400 г смеси гидрокарбоната и карбоната натрия нагрели до постоянной массы, которая оказалась равной 276 г. Определите массовые доли карбоната и гидрокарбоната натрия в исходной смеси.

Решение.

1. Составим уравнения реакций:



2. После прокаливания сухой остаток состоит только из карбоната натрия. Потеря массы при прокаливании составит: $400 \text{ г} - 276 \text{ г} = 124 \text{ г}$. Это масса выделившихся воды и углекислого газа по уравнению (1).
 3. Обозначим $n(\text{NaHCO}_3) = x$ моль, тогда $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5x$; $n(\text{CO}_2) = 0,5x$.
 4. Составим и решим уравнение:

$$m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{CO}_2) = 124$$

$$9x + 22x = 124; 31x = 124; x = 4. \text{ Следовательно } n(\text{NaHCO}_3) = 4 \text{ моль.}$$

5. Рассчитаем массу гидрокарбоната натрия:

$$m(\text{NaHCO}_3) = n(\text{NaHCO}_3) \cdot M(\text{NaHCO}_3) = 4 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г/моль} = 336 \text{ г.}$$

6. Рассчитаем массовые доли солей в исходной смеси

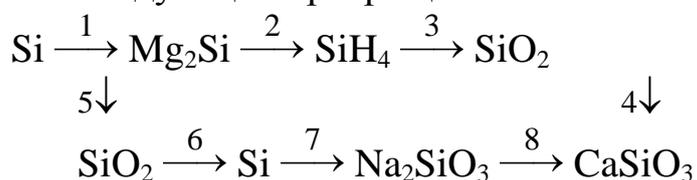
$$w(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{в} - \text{ва})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%; \quad w(\text{NaHCO}_3) = \frac{336 \text{ г} \cdot 100\%}{400 \text{ г}} = 84\%$$

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 100 - 84 = 16\%$$

Ответ: 84% NaHCO₃; 16% Na₂CO₃.

Задача № 5.

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



Решение:

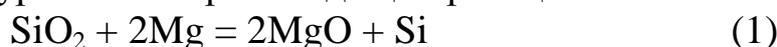
- 1) $\text{Si} + 2\text{Mg} \xrightarrow{\text{сплавливание}} \text{Mg}_2\text{Si}$
- 2) $\text{Mg}_2\text{Si} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MgSO}_4 + \text{SiH}_4 \uparrow$
- 3) $\text{SiH}_4 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$
- 4) $\text{SiO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{CaSiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{Si} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{SiO}_2$
- 6) $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \xrightarrow{t^\circ} \text{Si} + 2\text{MgO}$
- 7) $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2$
- 8) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaSiO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$

Задача № 6.

Рассчитайте объем 34%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,37 г/мл), который потребуется для растворения кремния, получившегося в результате длительного прокалывания смеси 19,8 г магния и 18,9 г оксида кремния(IV).

Решение:

1. Составим уравнения происходящих реакций:



2. Найдем количество вещества магния и оксида кремния(IV):

$$n(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})}; \quad n(\text{Mg}) = \frac{19,8 \text{ г}}{24 \text{ г/моль}} = 0,825 \text{ моль}$$

$$n(\text{SiO}_2) = \frac{m(\text{SiO}_2)}{M(\text{SiO}_2)}; \quad n(\text{SiO}_2) = \frac{18,9\text{г}}{60\text{г/моль}} = 0,315 \text{ моль}$$

3. Найдем по (1) какое вещество находится в избытке, какое в недостатке:

$n(\text{Mg})_{\text{треб.}} = 2n(\text{SiO}_2) = 2 \cdot 0,315 \text{ моль} = 0,63 \text{ моль}$; следовательно Mg в избытке, SiO₂ в недостатке, расчет ведем по недостатку.

4. Найдем количество вещества кремния по (1):

$$n(\text{Si}) = n(\text{SiO}_2) = 0,315 \text{ моль};$$

5. Т.к. магний был в избытке ($n(\text{Mg})_{\text{изб.}} = 0,825 \text{ моль} - 0,63 \text{ моль} = 0,195 \text{ моль}$), то протекает еще одна реакция:



и часть кремния, образовавшегося по (1), прореагирует с оставшимся избыточным количеством магния.

6. Рассчитаем количество вещества кремния по (3):

$$n(\text{Si}) = \frac{1}{2} n(\text{Mg}) = \frac{1}{2} \cdot 0,195 \text{ моль} = 0,0975 \text{ моль (Mg в недостатке, Si в избытке)}$$

7. Рассчитаем оставшееся количество вещества кремния, которое и будет реагировать с раствором гидроксида калия:

$$n(\text{Si})_{\text{ост.}} = 0,315 \text{ моль} - 0,0975 \text{ моль} = 0,2175 \text{ моль}$$

8. Найдем количество вещества и массу гидроксида калия по (2):

$$n(\text{KOH}) = 2n(\text{Si}) = 2 \cdot 0,2175 \text{ моль} = 0,435 \text{ моль};$$

$$m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = 0,435 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 24,36 \text{ г}$$

9. Рассчитаем массу и объем раствора гидроксида натрия:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{w}; \quad m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = \frac{24,36\text{г}}{0,34} = 71,65 \text{ г}$$

$$V_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = \frac{m_{\text{р-ра}}(\text{KOH})}{\rho}; \quad V_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = \frac{71,65\text{г}}{1,37\text{г/мл}} = 52,3 \text{ мл.}$$

Ответ: 52,3 мл.

Задача № 7.

Можно ли получить силикат аммония при сливании водных растворов силиката натрия и хлорида аммония? Ответ подтвердите уравнением реакции.

Решение:

Получить силикат аммония при сливании водных растворов силиката натрия и хлорида аммония нельзя, т.к. обе соли в водном растворе подвергаются гидролизу: силикат натрия – по аниону (соль образована сильным основанием и слабой кислотой, реакция среды щелочная), а хлорид аммония – по катиону (соль образована слабым основанием и сильной кислотой, реакция среды кислая). Поэтому при сливании растворов этих солей будет протекать реакция совместного гидролиза двух солей:

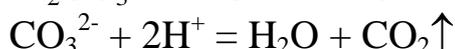
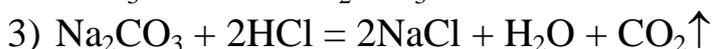
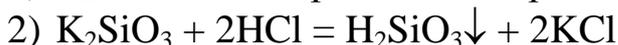


Задача № 8.

Как с помощью одного вещества определить, в какой из трех пробирок находятся растворы: сульфата калия, силиката калия, карбоната натрия? Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.

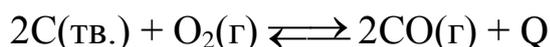
Решение:

Исходя из свойств сульфатов, силикатов и карбонатов имеем:



Задания для самостоятельного решения

1. В какую сторону сместится равновесие в системе:



- а) при повышении температуры; б) при уменьшении концентрации оксида углерода(II); в) при уменьшении давления; г) при увеличении концентрации кислорода?
2. 24 г технического карбида кальция обработали избытком раствора соляной кислоты. Определите объем (при н.у.) выделившегося при этом газа, если массовая доля примесей в карбиде кальция составляет 10%, объемная доля выхода продукта реакции равна 80%. (*Ответ:* 6,05 л).
3. Через известковую воду пропустили 2 л (н.у.) смеси угарного и углекислого газов. Выпавший осадок отфильтровали, высушили и прокалили. Масса твердого остатка после прокаливания равна 1,372 г. Определите объемные доли газов в исходной смеси. (*Ответ:* 73%, 27%).
4. Составьте уравнения реакций в молекулярной форме, которые соответствуют следующим ионным уравнениям:
- а) $\text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow$;
- б) $\text{SiO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{SiO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$;
- в) $\text{H}_2\text{SiO}_3 + 2\text{OH}^- = \text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$;
- г) $\text{Mg}_2\text{Si} + 4\text{H}^+ = 2\text{Mg}^{2+} + \text{SiH}_4\uparrow$;
- д) $\text{Si} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{SiO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\uparrow$.
5. Относительная плотность соединения кремния с фтором по водороду равна 52. Массовая доля кремния в этом веществе равна 26,92%. Выведите формулу этого соединения. (*Ответ:* SiF_4)

Дополнительные задания

- Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - $C \rightarrow CO \rightarrow CO_2 \rightarrow K_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2$;
 - $NaHCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow CO$;
 - $KHCO_3 \xrightarrow{t^\circ} X_1 \xrightarrow{H_2SO_4} X_2 \xrightarrow{Ba(OH)_2 \text{ изб.}} X_3 \xrightarrow{CO_2+H_2O} X_4 \xrightarrow{Ba(OH)_2} X_5 \xrightarrow{t^\circ} X_6$;
 - $CO \xrightarrow{O_2} X_1 \xrightarrow{KOH \text{ изб.}} X_2 \xrightarrow{CO_2+H_2O} X_3 \xrightarrow{H_3PO_4} X_4 \xrightarrow{C} X_5$
- Для получения раствора нитрата натрия необходимое количество карбоната натрия растворили в 6,3%-ной азотной кислоте. Рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе. (*Ответ: 8,2%*)
- Карбид алюминия растворили в 250 г 20%-ного раствора серной кислоты. Выделившийся при этом метан занял объем 4,48 л (н.у.). Рассчитайте массовую долю серной кислоты в полученном растворе. (*Ответ: 4,2%*)
- К 20 л смеси газов CO и CO₂ добавили 30 л кислорода и подожгли. В результате этого объем газовой смеси уменьшился на 4 л. Определите объемную долю CO₂ в исходной смеси газов. (*Ответ: 60% CO₂*)
- Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - $Si \longrightarrow Mg_2Si \longrightarrow SiH_4 \longrightarrow SiO_2 \longrightarrow Na_2SiO_3 \longrightarrow H_2SiO_3 \longrightarrow SiO_2$;
 - $Si \longrightarrow K_2SiO_3 \longrightarrow SiO_2 \longrightarrow Si \longrightarrow SiCl_4 \longrightarrow SiO_2 \longrightarrow K_2SiO_3$;
 - $SiCl_4 \longrightarrow Si \longrightarrow Na_2SiO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2SO_4 \longrightarrow Na_2SiO_3$;
 - $SiO_2 \xrightarrow{C} X_1 \xrightarrow{Mg} X_2 \xrightarrow{HCl} X_3 \xrightarrow{O_2} X_4 \xrightarrow{KOH} X_5$.

Занятие 21

Тема: Введение в органическую химию. Теория Бутлерова. Алканы. Циклоалканы. Строение, химические свойства, способы получения.

Учебно-целевые вопросы:

- Основные положения теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова.
- Изомерия органических соединений. Виды изомерии.
- Классификация органических соединений. Принципы номенклатуры органических соединений (ИЮПАК и тривиальная).
- Понятие о гомологах. Гомологические ряды.
- Типы гибридизации атомных орбиталей углерода: sp^3 , sp^2 , sp . Связи одинарные и кратные (σ и π).
- Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Индуктивный и мезомерный эффекты.

7. Классификация химических реакций. Понятие о механизмах реакций (радикальных, электрофильных, нуклеофильных).

Классификация органических реакций

Классификация	Примеры
I. <u>По результатам реакции</u> 1. Реакции присоединения (A) 2. Реакции замещения (S) 3. Реакции отщепления (элиминирования) (E) 4. Перегруппировки	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{NaOH}_{(\text{водн. р-р})} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{NaCl}$ $\text{CH}_3-\text{CHBr}-\text{CHBr}-\text{CH}_3 + \text{Zn} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{ZnBr}_2$ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{t; \text{AlCl}_3} \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
I. <u>По реагирующим частицам</u> 1. Гомолитические (радикальные) реакции (R) 2. Гетеролитические (ионные) а) электрофильные (E) б) нуклеофильные (N)	$\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl} \quad (\text{S}_R)$ $\text{а) } \text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{FeCl}_3} \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl} \quad (\text{S}_E)$ $\text{б) } \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{HCN} \xrightarrow{\text{OH}^-} \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CN} \end{array} \quad (\text{A}_N)$

Реакции обозначают символами от англ.: *addition* – (A), *substitution* – (S), *elemenation* – (E).

8. Углеводороды. Классификация углеводородов.

9. Алканы. Циклоалканы.

Обучающие задания:

Задача № 1

Как можно классифицировать углеводороды и их производные?

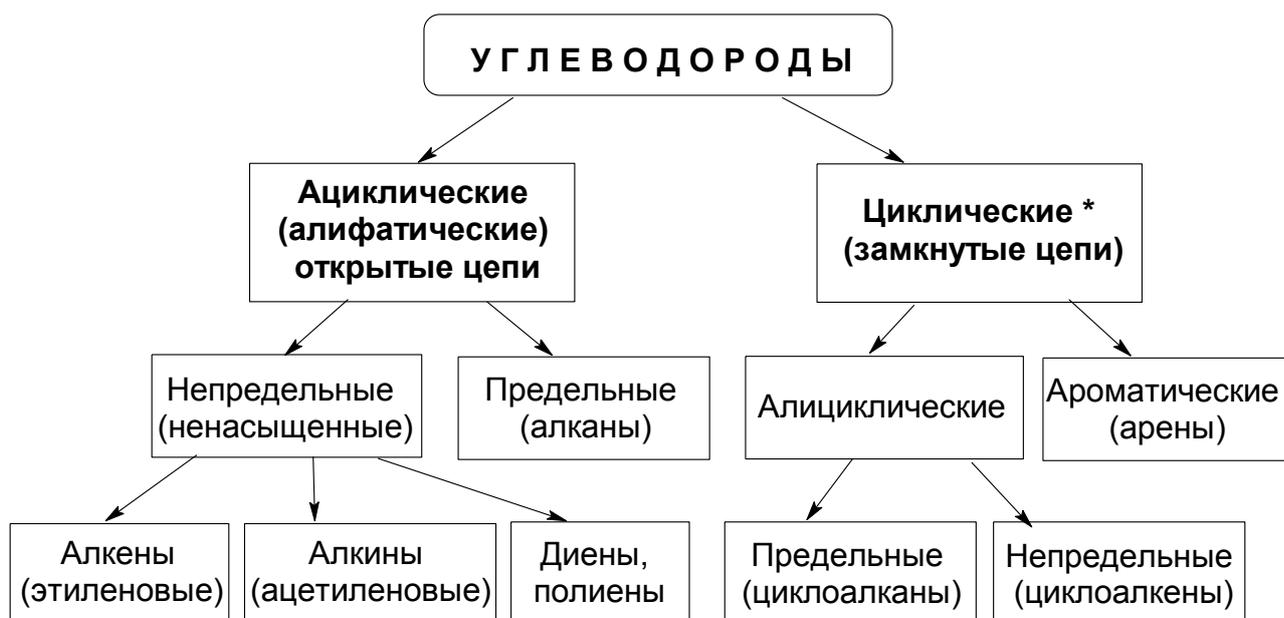
Решение:

Наиболее простыми органическими веществами являются углеводороды, молекулы которых состоят только из атомов углерода и водорода.

Углеводороды различают по:

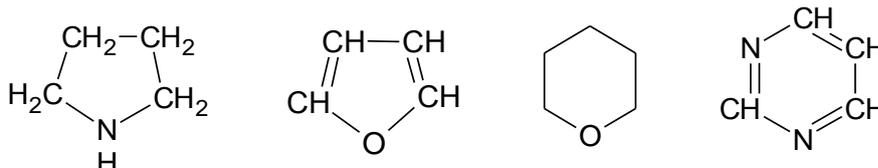
- 1) последовательности соединения углеродных атомов (линейные или разветвленные цепи, а также замкнутые цепи – циклы);
- 2) наличию одинарных, двойных и тройных связей между атомами углерода;
- 3) числу атомов углерода.

Все эти признаки легли в основу классификации углеводородов:



*

Возможно образование циклов, состоящих не только из атомов углерода, но и атомов других элементов (азота, кислорода, серы, кремния и т.д.), такие циклы носят название гетероциклов, например:



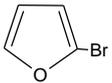
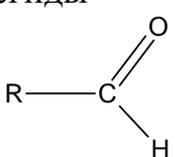
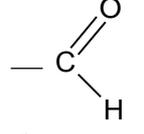
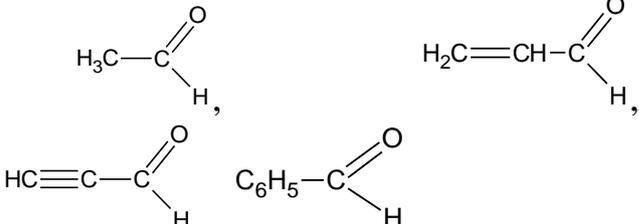
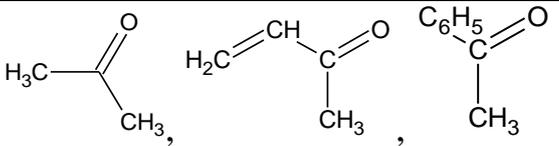
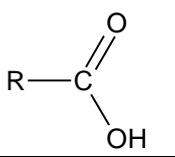
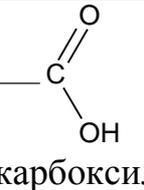
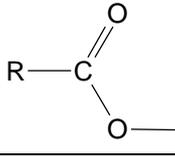
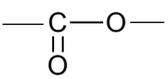
В гетероциклах атомы, образующие кольцо, соединены только с атомами водорода. **Замена атома водорода в углеводородах и гетероциклах на функциональную группу приводит к их производным.**

Функциональные группы – это атомы или группы атомов, отличные от атомов углерода и водорода, определяющие принадлежность к определенному классу соединений, а также его многие химические и физические свойства.

По номенклатуре ИЮПАК функциональные группы (структурные элементы) называют **характеристическими** группами. Они являются основой другого принципа классификации:

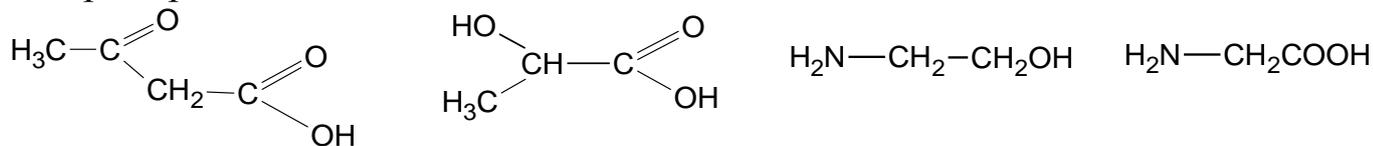
Классификация производных углеводородов и гетероциклов

Название, общая формула	Характеристическая группа (название)	Примеры
Галогенопроизводные * R - X	-F, -Cl, -Br, -I	CH ₃ -CH ₂ Cl, CH ₂ =CHCl,

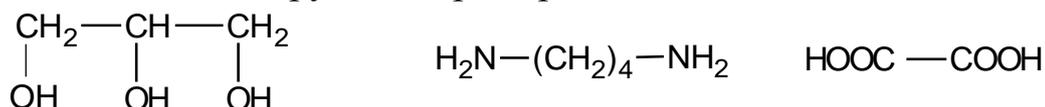
		$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2\text{Br}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$, 
Спирты ROH Фенолы * ArOH	$-\text{OH}$, гидроксил	CH_3OH , $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
Простые эфиры R-O-R	$-\text{O}-$, окси	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$, $\text{CH}_3\text{O}-\text{CH}=\text{CH}_2$, $\text{C}_6\text{H}_5-\text{O}-\text{CH}_3$
Альдегиды 	 формил	
Кетоны 	 карбонил	
Карбоновые кислоты 	 карбоксил	CH_3-COOH , $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$, $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{COOH}$, $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$
Сложные эфиры 		$\text{CH}_3-\text{COOC}_2\text{H}_5$, $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOCH}_3$ $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOC}_2\text{H}_5$
Амины RNH_2 , $\text{R-NH-R}'$, R_3N	$-\text{NH}_2$, $-\text{NH}-$, 	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}-\text{CH}_3$ $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$
Нитросоединения RNO_2	$-\text{NO}_2$ нитро	CH_3NO_2 , $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{NO}_2$
Тиолы R-SH	$-\text{SH}$ тиол	$\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$
Сульфоновые кислоты $\text{R-SO}_3\text{H}$	$-\text{SO}_3\text{H}$ сульфо	$\text{C}_2\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$

* R – остатки алифатических углеводородов, ароматических – Ar , гетероциклов – Het .

Гетерофункциональные соединения содержат разные функциональные группы (аминокислоты, гидроксикислоты, кетокислоты и т.д.), например:



Полифункциональные соединения – содержат несколько одинаковых функциональных групп, например:

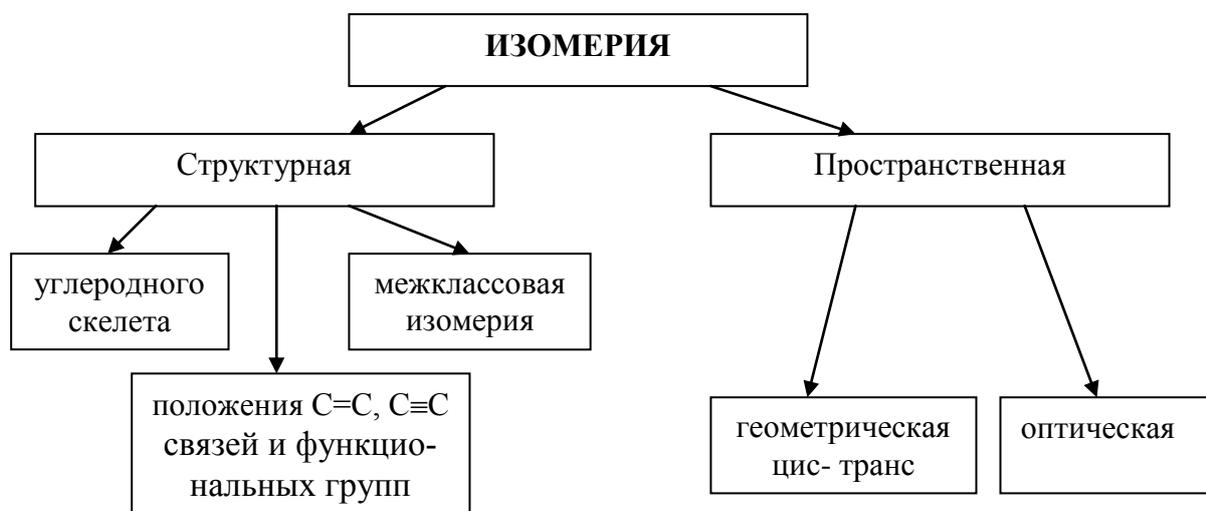


Задача № 2

Составьте структурные формулы всех возможных изомеров состава C_6H_{14} . Дайте названия по заместительной номенклатуре.

Решение:

Изомеры – это вещества, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, одинаковую молекулярную массу, но разное строение, а следовательно и свойства.

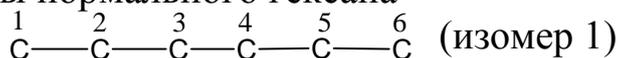


Формуле C_6H_{14} соответствует общая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, следовательно, это алкан. В алканах атомы углерода находятся в sp^3 – гибридном состоянии и поэтому они будут соединяться друг с другом одинарными (σ) связями.

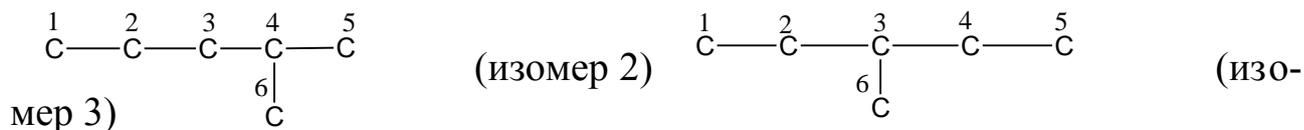
Обратите внимание! Для алканов характерна только изомерия углеродного скелета.

Рекомендуем воспользоваться одним из приемов для выведения структурных формул изомеров:

1) Выпишем цепочку углеродных атомов, составляющих «скелет» молекулы нормального гексана



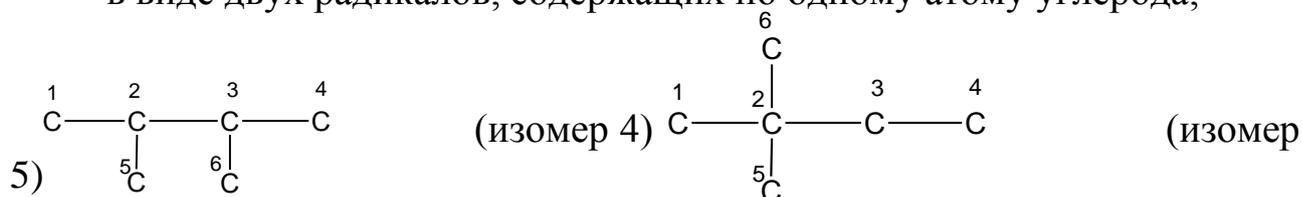
2) Укоротим ее на один концевой атом углерода и переместим его в другие возможные положения



Перемещение шестого атома углерода к C₂ – атому дает структуру одинаковую с изомером 2.

3) Укоротим цепочку изомера 1 на два атома углерода (5-й и 6-й) и осуществим все возможные варианты перемещения:

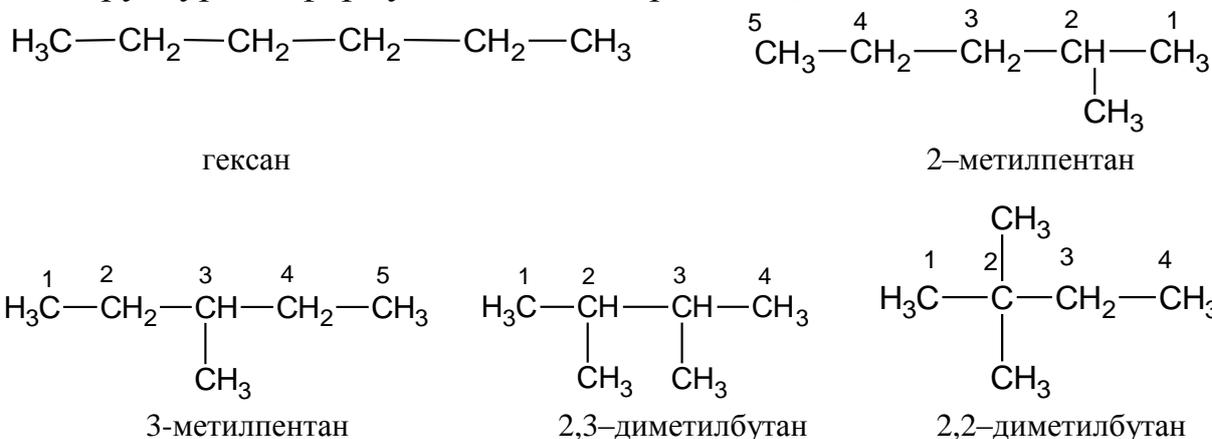
- в виде радикала, содержащего оба атома углерода (–CH₂–CH₃);
- в виде двух радикалов, содержащих по одному атому углерода;



Заметим, что перемещение радикала C₂H₅ к атомам углерода 2 или 3 – привело бы к структуре совпадающей со структурой изомера 3.

Укорачивать цепочку на 3 и более атомов углерода не имеет смысла.

Структурные формулы всех изомеров C₆H₁₄:



Ответ: гексан, 2-метилпентан, 3-метилпентан, 2,3-диметилбутан, 2,2-диметилбутан.

Задача № 3

Составьте формулы всех возможных структурных изомеров состава C₄H₆. Дайте названия по заместительной номенклатуре.

Решение:

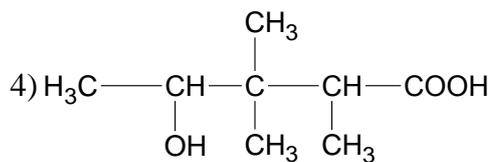
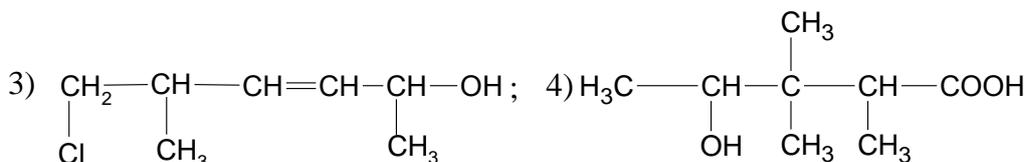
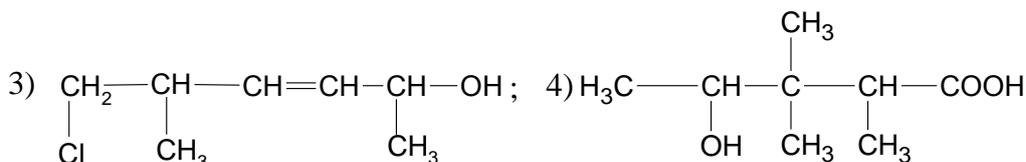
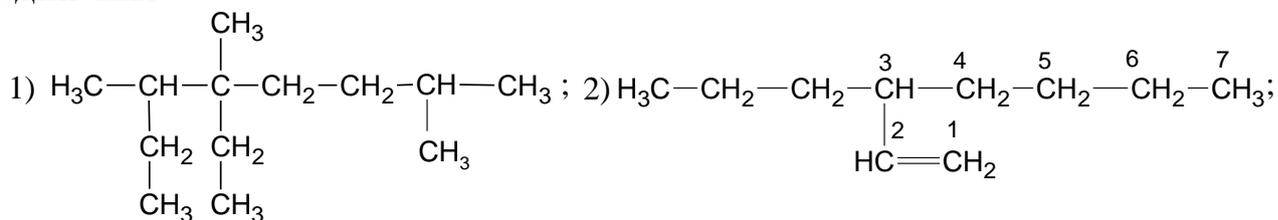
структурная изомерия:

- изомерия углеродной цепи;
- положения кратных связей или функциональных групп;

***Обратите внимание!** Наличие одинаковой общей формулы не всегда свидетельствует об одном гомологическом ряду (классе соединений). Важно строение и, как следствие, сходство свойств.

Задача № 5

Назовите по заместительной номенклатуре (ИЮПАК) следующие соединения:



В соединении 1 отметьте число первичных, вторичных, третичных, четвертичных атомов углерода.

Решение:

В номенклатуре разветвленных углеводородов и их производных достаточно широко используются названия алкильных групп ($\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$):

Строение и названия распространенных радикалов ($\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$)

$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$	Название	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$	Название
CH_3-	метил	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	бутил
CH_3-CH_2- (C_2H_5-)	этил	$\begin{array}{c} \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	втор-бутил
$\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	пропил	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	трет-бутил
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{CH} \\ \end{array}$	изопропил	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	изобутил

Основные правила заместительной номенклатуры рассмотрим на примере алканов. Чтобы составить название необходимо:

- выбрать наиболее длинную неразветвленную углеродную цепь;
- пронумеровать цепь с того конца, к которому ближе заместители;
- дать название.

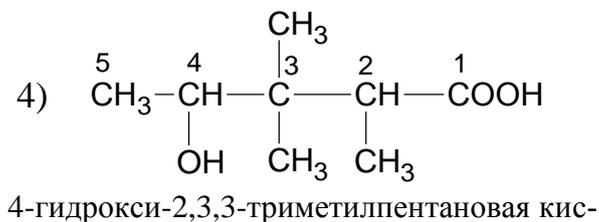
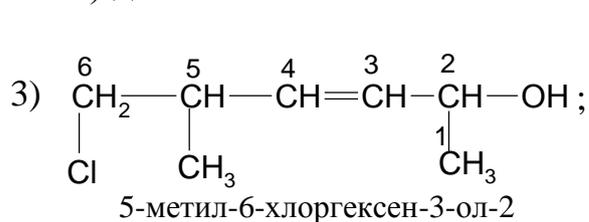
Префиксы и суффиксы некоторых характеристических групп

Характеристическая группа	Название	
	префикс	суффикс
$-(C)OOH$ 	карбокси-	- овая кислота карбоновая кислота
$-SO_3H$	сульфо-	сульфоновая кислота
	формил	карбальдегид
	оксо-	- аль
	оксо-	- он
$-OH$	гидрокси-	- ол
$-NH_2$	амино-	амин

В таблице характеристические группы приведены в порядке убывания старшинства.

В соединении 3 имеются заместители I типа ($-CH_3$ и $-Cl$) и II типа $-OH$ группа, которая является старшей характеристической группой и обозначается в названии суффиксом «-ол», наличие двойной связи – суффиксом «-ен». Исходя из этого:

- выбираем самую длинную неразветвленную углеродную цепь, в состав которой входит старшая характеристическая группа;
- нумеруем цепь с того конца, к которому ближе эта группа;
- даем название:



лота

В соединении 4 $-COOH$ – старшая характеристическая группа (-овая кислота). $-OH$ префикс гидрокси-.

Задача № 6

Какие из указанных формул могут отвечать реально существующим соединениям молекулярного строения, а какие заведомо ошибочны: C_4H_9 ; C_5H_{12} ; $C_{10}H_{21}$; $C_8H_{14}ON$; C_2H_4O ; C_5H_9O ; $C_7H_{17}Cl_3$; $C_{21}H_{31}O_3S_2$; $C_{21}H_{32}O_3S_2$?

Решение:

Воспользуемся правилом суммирования валентностей: **число атомов водорода в органических соединениях может быть четным или нечетным в зависимости от того, четной или нечетной является сумма валентностей других имеющихся в нем элементов.**

В соответствии с четырехвалентностью углерода **все углеводороды содержат четное число атомов водорода**, поэтому формулы C_4H_9 и $C_{10}H_{21}$ – ошибочны; C_5H_{12} – формула возможна.

Кислородсодержащие органические соединения также содержат четное число атомов водорода, так как кислород четновалентен (II), поэтому формула C_5H_9O – ошибочна; C_2H_4O – возможна; соединения, содержащие атомы C, H, S, и O должны иметь четное число атомов водорода: формула $C_{21}H_{31}O_3S_2$ – ошибочна; $C_{21}H_{32}O_3S_2$ – возможна.

В соединениях, содержащих атомы C, H, и нечетное число атомов азота число атомов водорода всегда нечетно (азот обычно трехвалентен), при наличии четного числа атомов азота – число атомов водорода четное: формула $C_8H_{14}ON$ – ошибочна.

В галогенопроизводных, содержащих атомы C, H (O, S) и нечетное число атомов галогена число атомов водорода нечетно, а с четным числом атомов галогена – четно:

формула $C_7H_{17}Cl_3$ содержит нечетное число атомов хлора и нечетное число атомов водорода, однако она ошибочна, так как **суммарное число атомов водорода и хлора не должно превышать $(2n+2)$** , где n – число атомов углерода, т.е. (16) реальным соединением могло быть $C_7H_{13}Cl_3$.

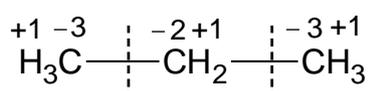
Задача № 7

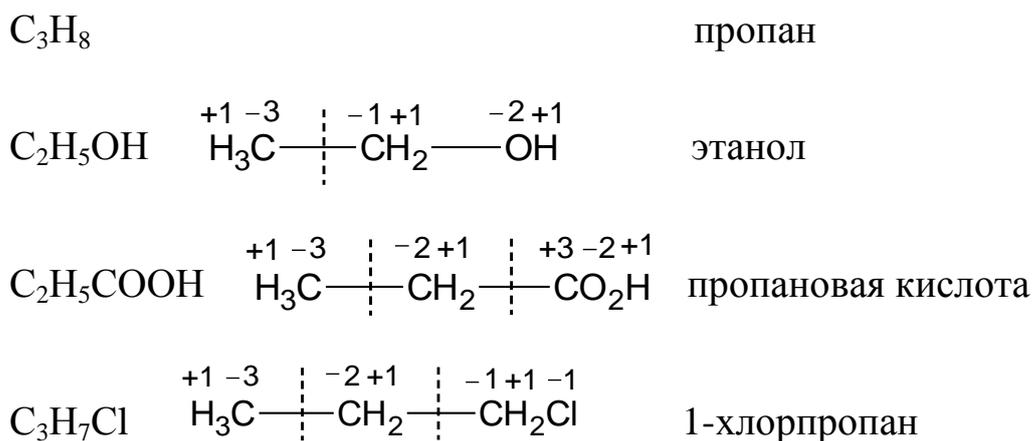
Определите степени окисления каждого атома углерода в соединениях: C_3H_8 ; C_2H_5OH ; C_2H_5COOH ; C_3H_7Cl . Дайте названия.

Решение:

Для определения степени окисления каждого атома углерода в соединениях необходимо:

- записать структурную формулу;
- молекулу разбить на фрагменты, каждый из которых содержит один атом углерода;
- условно сумма степеней окисления всех атомов в фрагменте принимается за 0:





Задача № 8

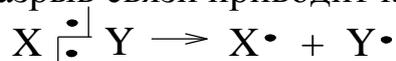
Рассмотреть гомолитический и гетеролитический разрыв химической связи в органической молекуле. Понятие о радикалах, электрофилах и нуклеофилах. Примеры электрофильных и нуклеофильных реагентов.

Решение:

Способ разрыва связи в органических соединениях между атомами зависит от типа связи, а также условий проведения реакции.

Гомолиз связи характерен для ковалентных неполярных и слабополярных связей (при высоких температурах, УФ-облучении, в присутствии пероксидных соединений).

Гомолитический разрыв связи приводит к получению радикалов:



Примеры радикалов: $\bullet CH_3$; $\bullet CH_2-CH_3$; $H\cdot$; $Cl\cdot$; $F\cdot$.

Радикалы – это частицы с неспаренным электроном.

Гетеролиз связи характерен для легко поляризуемых (π -связей), а также ковалентных полярных связей.

Гетеролитический разрыв связи приводит к образованию ионов:



Электрофилы – это частицы или фрагменты молекул, содержащие свободную, доступную орбиталь и имеющие недостаток электронной плотности, которые в результате реакции образуют связь с нуклеофилом, принимая от него пару электронов на свою вакантную орбиталь. Электрофилами являются положительнозаряженные частицы или фрагменты молекул, проявляющие высокое сродство к электронной паре нуклеофилов.

Нуклеофилы – это частицы или фрагменты молекул, содержащие подвижную электронную пару, которые в результате реакции образуют связь с электрофилом, отдавая ему эту электронную пару. Нуклеофилами являются отрицательно заряженные частицы или фрагменты молекул, проявляющие высокое сродство к электрофилу.

Таким образом, электрофилы являются акцепторами электронов, а нуклеофилы – их донорами.

Классификация реагентов

Нуклеофильные реагенты (N или N ⁻)	Электрофильные реагенты (E)
1. Анионы (Cl ⁻ , Br ⁻ , HO ⁻ , RO ⁻ , CN ⁻ , $\begin{array}{c} \\ -\text{C}^- \\ \end{array}$ и др.). 2. Соединения со свободными (неподеленными) парами электронов (H ₂ O, RÖH, аммиак, амины). 3. Соединения с двойными связями (C=C). 4. Арены и их производные.	1. Катионы (H ⁺ , Br ⁺ , NO ₂ ⁺ , $\begin{array}{c} \\ -\text{C}^+ \\ \end{array}$, и др.) 2. Соединения с незаполненными электронными оболочками (BF ₃ , AlCl ₃ , TiCl ₄). 3. Соединения с центрами с пониженной электронной плотностью R ^{δ+} → Hal

Задача № 9

Что такое индуктивный эффект? Какие заместители проявляют положительный эффект, а какие – отрицательный? Рассмотрите на примерах фторэтана и пропена.

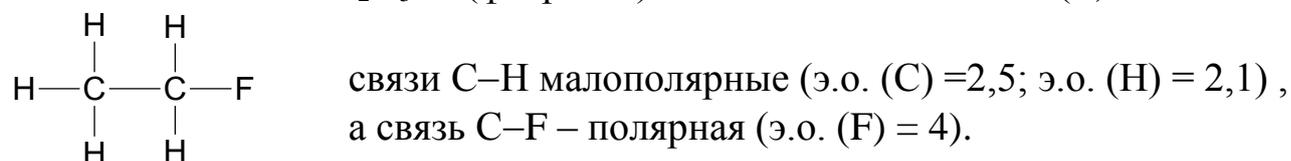
Решение:

Индуктивный эффект (I) – это смещение электронной плотности по цепи углеродных атомов, соединенных σ-связями, обусловленное различной электроотрицательностью атомов в молекуле.

Обратите внимание! Атомы углерода, находящиеся в различном гибридном состоянии отличаются электроотрицательностью.

В ряду Csp, Csp², Csp³ электроотрицательность углерода уменьшается.

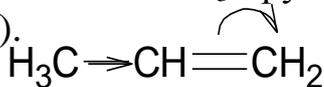
В соединении C₂H₅-F (фторэтан) все связи ковалентные (σ).



По цепи σ-связей происходит смещение электронной плотности в сторону атома фтора (электроноакцептор) CH₃ → CH₂ → F. Индуктивный эффект

обозначается прямой стрелкой и считается отрицательным (-I) относительно атома, к которому смещается электронная плотность (F), а радикал CH₃-CH₂-, от которого смещается электронная плотность, проявляет положительный индуктивный эффект (+I) и является электронодонором.

В соединении $\overset{3}{\text{H}_3\text{C}}-\overset{2}{\text{CH}}=\overset{1}{\text{CH}_2}$ связь C_3-C_2 полярна, так как атом углерода в sp^2 -гибридном состоянии более электроотрицателен, чем в sp^3 . Поэтому σ -связь смещается ко второму атому углерода, а далее π -связь смещается к первому атому углерода. Смещение π -связи изображают изогнутой стрелкой. В этом соединении CH_3 группа проявляет положительный индуктивный эффект (+I).



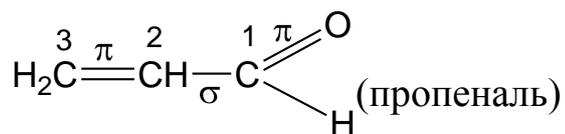
Задача № 10

Что такое мезомерный эффект (эффект сопряжения)? На примере пропеналя покажите распределение электронной плотности.

Решение:

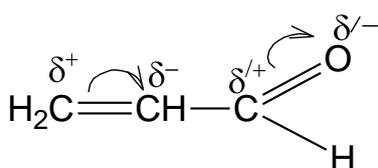
Мезомерный эффект (M) проявляется в сопряженных системах. Мезомерный эффект – передача влияния заместителей по системе сопряженных π, π или p, π связей.

К сопряженным системам относятся молекулы, в которых π -связи разделены одной σ -связью или неподеленные пары p -электронов разделены одной σ -связью от π -связи, а также от бензольного кольца.



π -связь легко поляризуется и характеризуется подвижностью; в карбонильной группе $>\text{C}=\text{O}$ она смещается к более электроотрицательному атому кислорода, что приводит к уменьшению электронной плотности на карбонильном атоме углерода (1), тогда за счет смещения соседней π -связи происходит перекрывание p -электронных облаков по всей сопряженной системе. В результате образуется делокализованное 4-ех π -электронное облако. На одном конце сопряженной системы возникает частичный положительный заряд (δ^+), а на другом конце (атоме кислорода) частичный отрицательный заряд (δ^-). Мезомерный эффект, в отличие от индуктивного, практически не затухает по всей цепи сопряженной системы.

Мезомерный эффект обозначается изогнутыми стрелками:



При одновременном проявлении в молекуле двух эффектов, не совпадающих по направлению, как правило, отдают предпочтение мезомерному эффекту, как более сильному.

Карбонильная группа проявляет отрицательный мезомерный эффект ($-M$).

Задача № 11

Неизвестный горючий газ, состоящий из углерода и водорода нерастворим в концентрированной серной кислоте. При пропускании его в раствор перманганата калия или в раствор брома в четыреххлористом углеводе окраска раствора не изменяется. 144 мл газа при 20°C и 760 мм. рт. ст. имеют массу 0,337 г. Определите молекулярную формулу и выведите его возможные изомеры, соответствующие условию задачи.

Решение:

1. Рассчитаем молярную массу неизвестного газа, используя уравнение Менделеева-Клапейрона. Для расчетов необходимо предварительно исходные данные выразить в единицах СИ:

$$R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}; P = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Па}; T = t + 273; T = 20 + 273 = 293 \text{ К};$$

$$V = 0,144 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V} = \frac{0,337 \cdot 8,31 \cdot 293}{101,3 \cdot 10^3 \cdot 0,144 \cdot 10^{-3}} = 56 \text{ г/моль}.$$

2. Из условия задачи следует, что это предельный углеводород: алкан (C_nH_{2n+2}) или циклоалкан (C_nH_{2n}). Находим значение n :
 - из предположения, что это алкан: $14n+2=56$; $14n=54$ $n=3,85$, так как число атомов углерода не может быть дробным, следовательно, это не алкан;
 - из предположения, что это циклоалкан: $14n=56$, $n=4$. Таким образом, это может быть метилциклопропан или циклобутан (; ).

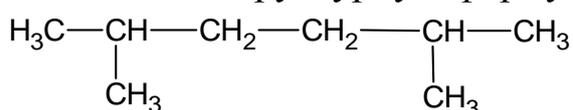
Ответ: C_4H_8 , метилциклопропан, циклобутан.

Задача № 12

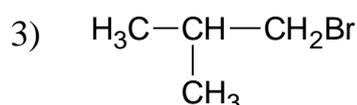
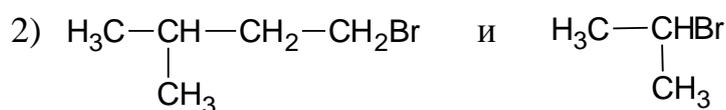
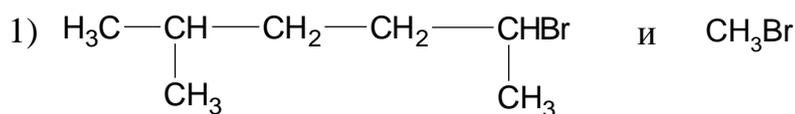
Получите реакцией Вюрца 2,5-диметилгексан. Дайте название исходному галогеноалкану по радикально-функциональной номенклатуре.

Решение:

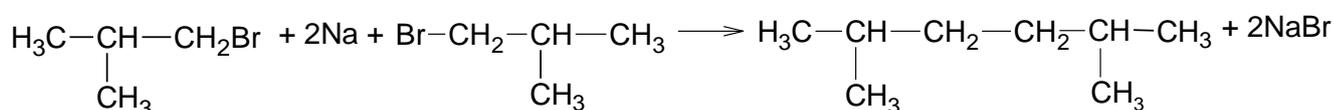
Напишем структурную формулу 2,5-диметилгексана:



Получить этот алкан реакцией Вюрца можно тремя способами; используя в качестве исходных следующие галогеноалканы:



Наиболее выгодным является вариант (3), при котором образуется единственный алкан, а не смесь алканов. Поэтому в качестве исходного следует взять изобутилбромид:



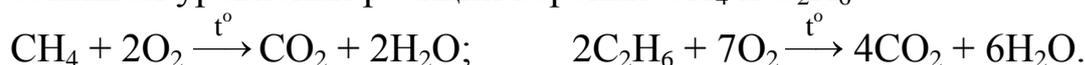
Ответ: изобутилбромид

Задача № 13

Какой объем кислорода необходим для полного сгорания 3 л смеси метана и этана, плотность которой по воздуху 0,6.

Решение:

1. Запишем уравнения реакций горения CH_4 и C_2H_6 :



2. Находим молярную массу смеси газов по формуле: $M = D \cdot M(\text{воздуха})$;

$$M(\text{смеси}) = 0,6 \cdot 29 = 17,4 \text{ г/моль}.$$

3. Находим количество смеси газов и ее массу:

$$n = \frac{V}{V_m}; \quad n(\text{смеси}) = \frac{3}{22,4} = 0,134 \text{ моль}; \quad m = n \cdot M;$$

$$m(\text{смеси}) = 17,4 \cdot 0,134 = 2,332 \text{ г}.$$

4. Пусть $n(\text{CH}_4) = x$ моль; тогда $n(\text{C}_2\text{H}_6) = (0,134 - x)$ моль;

$$m(\text{CH}_4) = 16x; \quad m(\text{C}_2\text{H}_6) = 30(0,134 - x); \quad m(\text{смеси}) = m(\text{CH}_4) + m(\text{C}_2\text{H}_6);$$

$$2,332 = 16x + 30 \cdot (0,134 - x); \quad 14x = 1,688; \quad x = 0,121 \text{ моль};$$

$$n(\text{CH}_4) = 0,121 \text{ моль}; \quad n(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,134 - 0,121 = 0,013 \text{ моль}.$$

5. Определяем количество кислорода, необходимое для сжигания смеси, исходя из уравнений реакций:

$$n_1(\text{O}_2) = n(\text{CH}_4) \cdot 2; \quad n_1(\text{O}_2) = 0,121 \cdot 2 = 0,242 \text{ моль}; \quad n_2(\text{O}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot 3,5;$$

$n_2(\text{O}_2) = 0,013 \cdot 3,5 = 0,046$ моль; $n(\text{O}_2)$ общее = $0,046 + 0,242 = 0,288$ моль.

6. Определяем объем кислорода, необходимый для сжигания смеси:

$$V = n \cdot V_m; V(\text{O}_2) = 22,4 \cdot 0,288 = 6,45 \text{ л.}$$

Ответ: 6,45 л.

Задания для самостоятельного решения

1. Напишите структурные формулы следующих соединений и определите, к каким классам углеводородов они относятся: а) 5,5-диметил-3-этилнонан; б) 2,3-диметилгексен-3; в) 2,2,4,4-тетраметил-3,3-диэтилпентан; г) 1,2,4,5-тетраметилбензол; д) 2,3-диметилоктен-3; е) 2-метил-4-нитропентен-1. Выберите из них а) изомеры; б) гомологи.
2. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) гександиона-2,4; б) 2-метилбутанола-1; в) 3-оксо-2,2-диметилпентановой кислоты; г) 4,5,5-триметилдеканала. К каким классам органических соединений они относятся? Укажите их функциональные группы.
3. На основании синтеза установлено, что молекула содержит 10 атомов углерода при неизвестном числе атомов хлора, водорода, кислорода. Анализ показал, что вещество содержит 60,5% углерода, 5,55% водорода, 16,1% кислорода и 17,9% хлора. Определите молекулярную формулу этого соединения. (*Ответ:* $\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{O}_2\text{Cl}$)
4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

ацетат натрия $\xrightarrow{1} \text{X}_1 \xrightarrow{2} \text{X}_2 \xrightarrow{3}$ этан $\xrightarrow{4} \text{X}_3 \xrightarrow{5}$ бутан $\xrightarrow{6}$ уксусная кислота

5.

Дополнительные задания

1. Какие из указанных формул могут отвечать реально существующим соединениям молекулярного строения, а какие заведомо ошибочны? $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}$; $\text{C}_{20}\text{H}_{41}$; $\text{C}_{21}\text{H}_{31}\text{O}_3\text{N}$; $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{ON}$; $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{Br}$?
2. Напишите сокращенные структурные формулы для соединений, приведенных в виде «сжатых» формул: а) $\text{CH}_3\text{CHBrC}(\text{CH}_3)_2\text{OCH}_3$; б) $[(\text{CH}_3)_2\text{CH}]_2\text{CHOH}$; в) $\text{C}(\text{CH}_2\text{OH})_2(\text{CHCl}_2)_2$; г) $\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{CH}_3)_2$; д) $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_3$.
3. Галотан, широко распространенное анестезирующее средство, содержит углерод, водород, хлор, бром и фтор с массовыми долями соответственно 12,2%, 0,51%, 18,0%, 40,4%, 28,9%. Определить эмпирическую формулу этого вещества. Можно ли однозначно решить вопрос об истинной формуле этого соединения? (*Ответ:* $\text{C}_2\text{HF}_3\text{ClBr}$; да, истинная формула соответствует в этом случае простейшей, т.к. при удвоении, а

- тем более при утروении, она не может соответствовать предельной структуре)
4. По данным полумикроанализа из 11,25 мг неизвестного вещества было получено 26,99 мг CO_2 и 6,77 мг H_2O . Вычислите состав вещества в массовых долях (в %). (*Ответ:* 65,43% С; 6,69% Н; 27,88% О)
 5. При сжигании 4,02 мг органического вещества было получено 9,14 мг CO_2 и 3,71 мг H_2O . Рассчитайте элементный состав вещества (в %). (*Ответ:* 62,0% С; 10,3% Н; 27,7% О).
 6. Напишите уравнения реакций с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - а) метан \rightarrow бромметан \rightarrow этан \rightarrow хлорэтан \rightarrow бутан \rightarrow уксусная кислота;
 - б) гексен-2 \rightarrow гексан \rightarrow пропан $\xrightarrow{\text{Br}_2}$ X $\xrightarrow{\text{Na}}$ X₁ \rightarrow CO_2 ;
 - в) ацетат натрия \rightarrow этан \rightarrow бромэтан \rightarrow бутан \rightarrow изобутан $\xrightarrow{\text{Br}_2, h\nu}$ X;
 - г) карбид алюминия \rightarrow метан \rightarrow ацетилен \rightarrow этилен \rightarrow этан \rightarrow нитроэтан;
 - д) С \rightarrow СО \rightarrow CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow этан \rightarrow этен;
 - е) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow{\text{изб. HBr}}$ 1,3-дибромпропан \rightarrow циклопропан $\xrightarrow{\text{HBr}}$ X \rightarrow X₁ \rightarrow бензол.

Занятие 22

Тема: Алкены. Строение, химические свойства, способы получения.

Учебно-целевые вопросы:

1. Классификация непредельных углеводородов.
2. Алкены. Общая формула алкенов.
3. Изомерия углеродной цепи, положения двойной связи, межклассовая, геометрическая.
4. Номенклатура алкенов.
5. Тип гибридизации атомных орбиталей атома углерода, σ - и π -связи, пространственное строение молекулы.
6. Химические свойства алкенов: Механизм реакций присоединения. Правило Марковникова; реакции полимеризации.

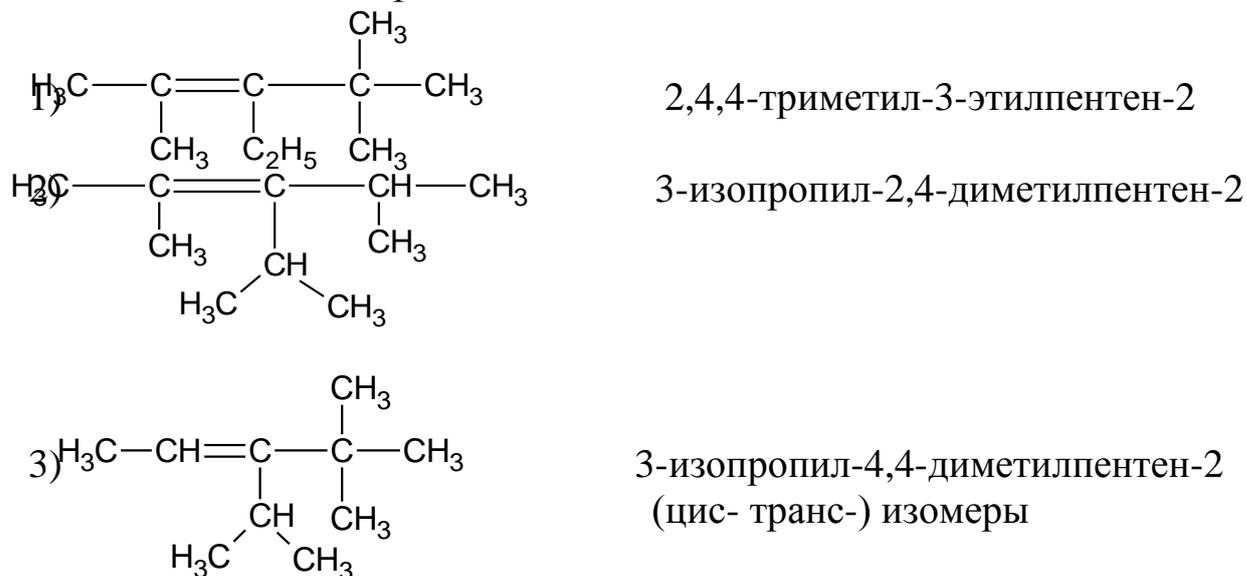
Обучающие задания:

Задача № 1

Составьте структурные формулы изомерных алкенов состава $\text{C}_{10}\text{H}_{20}$ с пятью атомами углерода в главной цепи с внутренней двойной связью. Дайте названия по заместительной номенклатуре.

Решение:

Главная цепь, состоящая из пяти углеродных атомов, может иметь внутреннюю двойную связь только после второго атома углерода. С учетом этого выводим изомеры:



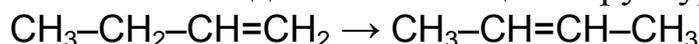
Обратите внимание! При вторых атомах углерода с начала или конца цепи могут быть только метильные радикалы.

Задача № 2

С помощью каких реакций из бутена-1 можно получить бутен-2?

Решение:

1. Записываем задание с помощью структурных формул:

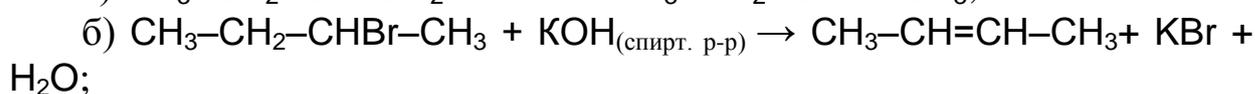


2. Начинаем подбирать такое вещество, из которого путем ряда превращений можно получить бутен-2. Это вещество должно содержать столько же атомов углерода, что и исходный бутен-1.

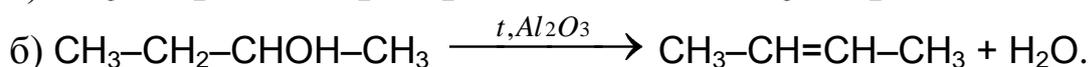
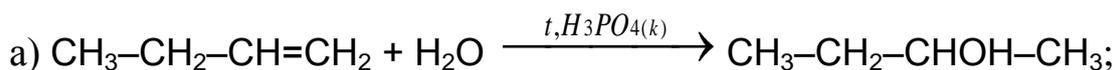
Бутен-2 можно получить, например, из 2-бромбутана или бутанола-2.

2. Поэтому задача может быть решена двумя способами:

I способ:



II способ:



Обратите внимание! Реакции протекают преимущественно:

а) по правилу Марковникова; б) по правилу Зайцева.

Задача № 3

Определите молекулярную формулу алкена, если в образовавшемся продукте гидробромирования массовая доля водорода в 2,51 раза меньше, чем в исходном алкене.

Решение:

1. Запишем уравнение реакции в общем виде: $C_nH_{2n} + HBr \rightarrow C_nH_{2n+1}Br$.

2. Рассчитываем массовые доли водорода:

а) в алкене: $\omega_1(H) = \frac{Ar(H) \cdot n(H)}{Mr(C_nH_{2n})}$; $\omega_1(H) = \frac{1 \cdot 2n}{14n} = 0,143$;

б) в бромалкене: $\omega_2(H) = \frac{Ar(H) \cdot n(H)}{Mr(C_nH_{2n+1}Br)}$; $\omega_2(H) = \frac{1 \cdot (2n + 1)}{14n + 81}$;

3. Для нахождения n составляем алгебраическое уравнение:

$$\frac{\omega_1(H)}{\omega_2(H)} = 2,51; \quad \frac{0,143(14n + 81)}{2n + 1} = 2,51.$$

Решая уравнение, находим n : $n=3$;

C_3H_6 – молекулярная формула алкена.

Ответ: C_3H_6

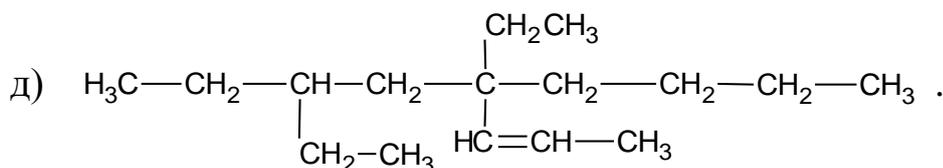
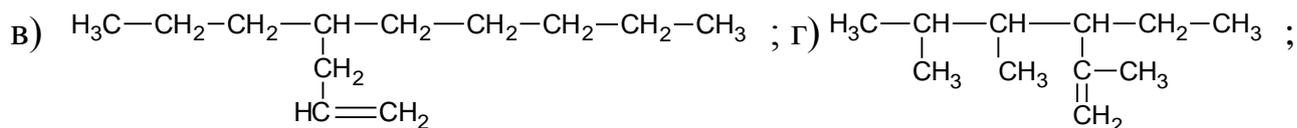
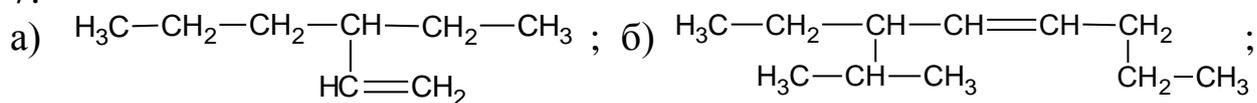
Задания для самостоятельного решения

- Плотность алкена при нормальных условиях равна 1,875 г/л. Выведите молекулярную формулу алкена. (*Ответ:* C_3H_6)
- Относительная плотность паров углеводорода по водороду равна 49. Массовая доля углерода в нем равна 85,71%, массовая доля водорода равна 14,29%. Выведите молекулярную формулу углеводорода. (*Ответ:* C_7H_{14})
- Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - метан \rightarrow ацетилен \rightarrow этилен \rightarrow бромэтан \rightarrow этилен \rightarrow полимер;
 - $C_2H_5COOK \rightarrow$ этан \rightarrow хлорэтан \rightarrow пропан \rightarrow пропен \rightarrow полимер;
 - карбид алюминия \rightarrow метан \rightarrow бромметан \rightarrow этан \rightarrow хлорэтан \rightarrow бутан \rightarrow бутен-2.
- Смесь алкана и алкена с одинаковым числом атомов углерода объемом 8,96 л (н.у.) прореагировала полностью с 392,16 мл водного раствора бромной воды с массовой долей 4% (плотность 1,02 г/мл). Пары полученного дибромиды в 7,22 раза тяжелее азота. Определите молекулярные формулы углеводородов и их объемные доли в исходной смеси. (*Ответ:* 25% C_3H_6 ; 75% C_3H_8)
- Смесь алкана и алкена с одинаковым числом атомов углерода объемом 8,96 л (н.у.) прореагировала полностью с 392,16 мл водного раствора

бромной воды с массовой долей 4% (плотность 1,02 г/мл). Пары полученного дибромида в 7,22 раза тяжелее азота. Определите молекулярные формулы углеводородов и их объемные доли в исходной смеси. (Ответ: 25% C₃H₆; 75% C₃H₈)

6. Назвать по систематической номенклатуре следующие алкены:

7.



Дополнительные задания

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) 3-метилпентен-1; б) 2,3-диметилгексен-2; в) 2,3,4-триметилгептен-1; г) 3,4,4-триметилоктен-2; д) 3,5-диметил-4-этилнонен-2.
2. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) цис-пентен-2; б) транс-2-метилгексен-3.
3. Относительная плотность паров органического соединения по азоту равна 5. При сжигании 35 г этого соединения получен углекислый газ, занимающий при нормальных условиях объем 56 л, и вода массой 45 г. Выведите молекулярную формулу органического соединения. (Ответ: C₁₀H₂₀)
4. Диоксид углерода, полученный при сжигании 5,6 л (н.у.) этилена поглощен раствором гидроксида натрия объемом 472 мл с массовой долей NaOH 6% (ρ = 1,06 г/мл). Определить массовые доли веществ в полученном растворе. (Ответ: 5,1% Na₂CO₃, 4% NaHCO₃)
5. Диоксид углерода, полученный при сжигании 5,6 л (н.у.) этилена поглощен раствором гидроксида натрия объемом 472 мл с массовой долей NaOH 6% (ρ = 1,06 г/мл). Определить массовые доли веществ в полученном растворе. (Ответ: 5,1% Na₂CO₃, 4% NaHCO₃)

Занятие 23

Тема: Алкины. Строение, химические свойства, способы получения.

Учебно-целевые вопросы:

1. Алкины.
2. Гомологический ряд. Физические свойства.
3. Изомерия алкинов. Номенклатура.
4. Строение молекулы ацетилена. Тип гибридизации атомных орбиталей, геометрическая форма молекулы.
5. Химические свойства алкинов.

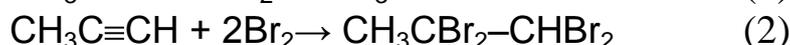
Обучающие задания:

Задача № 1

При пропускании смеси пропана и пропина объемом 5,6 л (н.у.) через 562 г раствора бромной воды с массовой долей брома 3,7% до полного обесцвечивания получили смесь продуктов бромирования массой 24,8 г. Определите объемную долю пропина в исходной смеси.

Решение (первый вариант):

1. Запишем уравнения реакций:



2. Находим количества веществ брома и смеси:

$$n(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{р-ра}) \cdot w(\text{Br}_2)}{M(\text{Br}_2)}; \quad n(\text{Br}_2)_{\text{общее}} = \frac{562 \cdot 0,037}{160} = 0,13 \text{ моль};$$

$$n(\text{смеси}) = \frac{V}{V_m}; \quad n(\text{смеси}) = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ моль}.$$

3. Примем $n_1(\text{Br}_2) = x$ моль, тогда $n_2(\text{Br}_2) = (0,13 - x)$ моль;

по уравнению (1) $n(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2) = n_1(\text{Br}_2)$; $n(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2) = x$;

по уравнению (2) $n(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4) = \frac{1}{2} n_2(\text{Br}_2)$;

$$n(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4) = \frac{1}{2} (0,13 - x) = 0,065 - 0,5x.$$

4. Для нахождения x составляем алгебраическое уравнение:

$$m(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2) + m(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4) = 24,8;$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2) = M \cdot n; \quad m(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2) = 200x;$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4) = 360(0,065 - 0,5x); \quad 200x + 360(0,065 - 0,5x) = 24,8.$$

Решая уравнение, находим x :

$$x = 0,07 \text{ моль, следовательно, } n_1(\text{Br}_2) = 0,07 \text{ моль};$$

$$\text{по уравнению (1) } n_1(\text{C}_3\text{H}_4) = n_1(\text{Br}_2); \quad n_1(\text{C}_3\text{H}_4) = 0,07 \text{ моль};$$

$$n_2(\text{Br}_2) = 0,13 - 0,07 = 0,06 \text{ моль};$$

по уравнению (2) $n_2(\text{C}_3\text{H}_4) = \frac{n_2(\text{Br}_2)}{2}$; $n_2(\text{C}_3\text{H}_4) = \frac{0,06}{2} = 0,03$ моль;

$n(\text{C}_3\text{H}_4)_{\text{общее}} = n_1(\text{C}_3\text{H}_4) + n_2(\text{C}_3\text{H}_4)$;

$n(\text{C}_3\text{H}_4)_{\text{общее}} = 0,07 + 0,03 = 0,1$ моль.

5. Находим объемную долю C_3H_4 в смеси:

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_4) = \frac{n(\text{C}_3\text{H}_4)}{n(\text{смеси})} \cdot 100\%; \quad \varphi(\text{C}_3\text{H}_4) = \frac{0,1}{0,25} \cdot 100\% = 40\%.$$

Ответ: 40%

Решение: (второй вариант)

1. Запишем уравнения реакций:



2. Находим количества вещества брома и смеси:

$$n(\text{Br}_2)_{\text{общее}} = \frac{562 \cdot 0,037}{160} = 0,13 \text{ моль}; \quad n(\text{смеси}) = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ моль}.$$

3. Примем $n(\text{C}_3\text{H}_4) = x$ моль;

по уравнению (1) $n_1(\text{Br}_2) = n_1(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2) = n(\text{C}_3\text{H}_4)$;

$n_1(\text{Br}_2) = n_1(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2) = x$; $n_2(\text{Br}_2) = 0,13 - x$.

4. По уравнению (2) Br_2 – недостаток; следовательно:

$n(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4) = n_2(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2)_{\text{прореаг.}} = n_2(\text{Br}_2)$;

$n(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4) = n_2(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2)_{\text{прореаг.}} = 0,13 - x$.

5. Находим количества вещества $\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2$ (оставшегося):

$n(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2)_{\text{оставш.}} = n_1(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2) - n_2(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2)$;

$n(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2)_{\text{оставш.}} = x - (0,13 - x) = 2x - 0,13$.

6. Для нахождения x составляем алгебраическое уравнение:

$m(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_2)_{\text{оставш.}} + m(\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4) = 24,8$;

$200(2x - 0,13) + 360(0,13 - x) = 24,8$;

$x = 0,1$ моль; следовательно $n(\text{C}_3\text{H}_4) = 0,1$ моль.

7. Находим объемную долю C_3H_4 в смеси:

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_4) = \frac{n(\text{C}_3\text{H}_4)}{n(\text{смеси})} \cdot 100\%; \quad \varphi(\text{C}_3\text{H}_4) = \frac{0,1}{0,25} \cdot 100\% = 40\%.$$

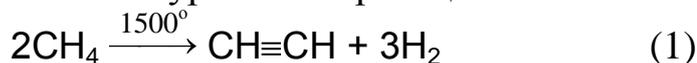
Ответ: 40%.

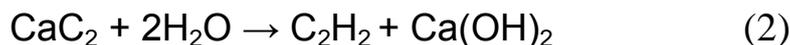
Задача № 2

Рассчитайте, какой объем природного газа, содержащий 96% метана необходим для получения такого количества ацетилена (выход 54%), который можно получить из 1043 кг карбида кальция с массовой долей 92%.

Решение:

1. Запишем уравнения реакций:





2. Найдем массу и количество чистого CaC_2 :

$$m(\text{CaC}_2) = m(\text{CaC}_2)_{\text{с примесями}} \cdot \omega; \quad m(\text{CaC}_2) = 1043 \cdot 0,92 = 960 \text{ кг};$$

$$n(\text{CaC}_2) = \frac{m}{M}; \quad n(\text{CaC}_2) = \frac{960}{64} = 15 \text{ кмоль.}$$

по уравнению (2) $n(\text{C}_2\text{H}_2) = n(\text{CaC}_2)$; $n(\text{C}_2\text{H}_2) = 15$ кмоль.

3. Найдем количество и объем метана по уравнению 1) с учетом выхода ацетилен:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2)_{\text{теор.}} = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_2)_{\text{пр.}}}{\eta}; \quad n(\text{C}_2\text{H}_2)_{\text{теор.}} = \frac{15}{0,54} = 27,78 \text{ кмоль};$$

$$n(\text{CH}_4) = n(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot 2; \quad n(\text{CH}_4) = 27,78 \cdot 2 = 55,56 \text{ кмоль};$$

$$V(\text{CH}_4) = 55,56 \cdot 22,4 = 1244,54 \text{ м}^3.$$

4. Находим объем природного газа

$$V_{\text{пр. газа}} = \frac{V_{\text{CH}_4}}{\varphi_{\text{CH}_4}}; \quad V_{\text{пр. газа}} = \frac{1244,54 \text{ м}^3}{0,96} = 1296,4 \text{ м}^3.$$

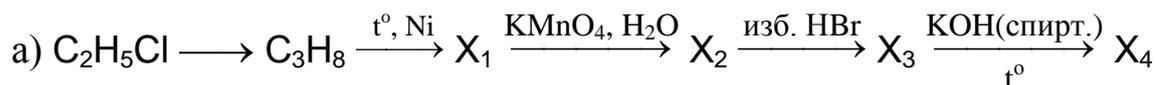
Ответ: $1296,4 \text{ м}^3$.

Задания для самостоятельного решения

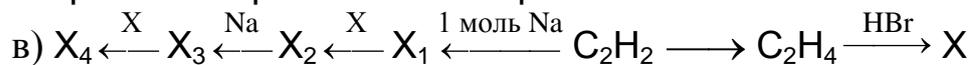
1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - а) $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{Ag}_2$
 - б) $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CONH}_2$
 - в) $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{этан} \rightarrow \text{хлорэтан} \rightarrow \text{пропан} \rightarrow \text{пропин} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
2. Смесь этана с неизвестным алкином объемом $15,68 \text{ л}$ подвергли полному каталитическому гидрированию и получили смесь веществ с плотностью по гелию $9,5$. Такой же объем исходной смеси может максимально присоединить $64,8 \text{ г}$ бромоводорода. Выведите формулу алкина и определите массовые доли этана и алкина в смеси. (Ответ: $36\% \text{ C}_2\text{H}_6$; $64\% \text{ C}_3\text{H}_4$)
3. Для получения ацетилен используют технический карбид кальция с массовой долей последнего 75% , а доля оксида кальция 25% . Определить массы технического карбида кальция и воды необходимые для получения 137 м^3 ацетилен. (Ответ: $521,9 \text{ кг CaC}_2$; $262 \text{ кг H}_2\text{O}$)
4. Назовите следующие углеводороды по заместительной номенклатуре:
 - а) $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$; б) $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_3$
 - в) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}\equiv\text{CH}$; г) $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$
 - д) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{CH}_3$

Дополнительные задания

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие реакции:



б) этилен \rightarrow дибромэтан \rightarrow ацетилен \rightarrow моноацетиленид натрия \rightarrow пропин \rightarrow пропен \rightarrow полипропилен



2. Какими химическими реакциями различить в смеси бутан, бутен-1, бутин-1?
3. При взаимодействии 27,2 г смеси карбидов кальция и алюминия с водой образуется 11,2 л смеси газов. Определите (в %) содержание карбидов в исходной смеси. (Ответ: 47,1% CaC_2 и 52,9% Al_4C_3)
4. Определите массы хлороводорода и технического ацетилена с массовой долей ацетилена 98,5% необходимые для получения 7660 кг винилхлорида-сырца (массовая доля винилхлорида 92%). Выход винилхлорида 99,6%, хлороводород берут с избытком 5,6%. (Ответ: 2988 кг C_2H_2 ; 4361,8 кг HCl)
5. Методом электронного баланса (или электронно-ионным методом) расставьте коэффициенты в уравнении реакции:
 $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{KOOC}-\text{COOK} (\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4) + \text{MnO}_2\downarrow + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}.$

Занятие 24

Тема: Диеновые углеводороды. Каучуки.

Учебно-целевые вопросы:

1. Алкадиены. Классификация.
2. Изомерия и номенклатура алкадиенов.
3. Электронное строение молекулы бутадиена-1,3. Эффект сопряжения.
4. Химические свойства. Получение алкадиенов.
5. Общие понятия химии высокомолекулярных соединений (ВМС): мономер, полимер, элементарное звено, степень полимеризации, реакции полимеризации, поликонденсации, сополимеризации.
6. Природные и синтетические каучуки. Понятие о вулканизации.

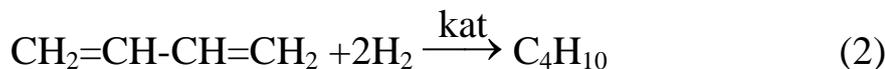
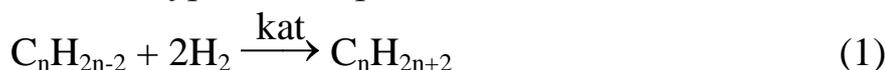
Обучающие задания:

Задача № 1

Рассчитайте, какой объем водорода потребуется для полного гидрирования 10,08 л (н.у.) смеси алкина и бутадиена-1,3. Известно, что такой же объем алкина, который находится в смеси, образует 16,95 г дихлорпроизводного в результате присоединения 6,72 л хлороводорода (н.у.). Определите формулы исходного алкина и дихлорпроизводного, дайте названия.

Решение:

1. Запишем уравнения реакций:



2. Находим количество вещества хлороводорода:

$$n(HCl) = \frac{V}{V_m}; \quad n(HCl) = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ моль};$$

$$\text{по уравнению (3)} \quad n(C_nH_{2n}Cl_2) = \frac{n(HCl)}{2}; \quad n(C_nH_{2n}Cl_2) = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ моль}.$$

3. Рассчитаем молярную массу $C_nH_{2n}Cl_2$ и найдем n – число атомов угле-

$$\text{рода: } M(C_nH_{2n}Cl_2) = \frac{16,95}{0,15} = 113 \text{ г/моль};$$

$$14n + 71 = 113; \quad n = 3; \text{ общая формула алкина – } C_3H_4.$$

4. Запишем уравнение реакции, используя структурные формулы:



5. Находим объем водорода необходимый для полного гидрирования смеси по уравнениям 1), 2).

$$V(H_2)_{\text{общее}} = V(\text{смеси}) \cdot 2; \quad V(H_2) = 10,08 \cdot 2 = 20,16 \text{ л.}$$

Ответ: 20, 16 л; C_3H_4 – пропин; $C_3H_6Cl_2$ – 2,2-дихлорпропан.

Задача № 2

При гидробромировании неизвестного диена получено монобромпроизводное с массовой долей брома в 1,57 раз меньше, чем массовая доля брома в бромметане. Определите формулу диена. Выведите структурные формулы изомерных диенов с кумулированными двойными связями. Дайте названия.

Решение:

1. Запишем уравнение реакции в общем виде:



2. Рассчитаем массовую долю брома (ω_1) в CH_3Br и (ω_2) в $C_nH_{2n-1}Br$:

$$\omega_1(Br) = \frac{Ar(Br) \cdot 1}{Mr(CH_3Br)} \cdot 100\%; \quad \omega_1(Br) = \frac{80 \cdot 1}{95} \cdot 100\% = 84,2\%;$$

$$\omega_2(Br) = \frac{Ar(Br) \cdot 1}{Mr(C_nH_{2n-1}Br)}; \quad \omega_2(Br) = \frac{80}{14n + 79}.$$

3. Для нахождения n составим алгебраическое уравнение:

$$\frac{\omega_2(Br)}{\omega_1(Br)} = \frac{1}{1,57}; \quad \frac{80}{(14n + 79) \cdot 0,842} = \frac{1}{1,57};$$

Решая равенство, находим n ; $n = 5$. Общая формула диена – C_5H_8 .
 $CH_2=C=CH-CH_2-CH_3$; $CH_3-CH=C=CH-CH_3$; $CH_3-C(CH_3)=C=CH_2$
 пентадиен-1,2 пентадиен-2,3 3-метилбутадиен-1,2

Задания для самостоятельного решения

1. Напишите структурные формулы следующих соединений:
 а) 2,3-диметилбутадиен-1,3; б) 2-метил-4-этилгексадиен-2,4;
 в) 3,4-диметилпентадиен-1,2; г) 2,4,4-триметилгептадиен-1,6.
2. Относительная плотность паров алкадиена по диоксиду углерода равна 2,5. Определите молекулярную формулу алкадиена. Напишите структурные формулы всех изомерных сопряженных диенов с неразветвленной углеродной цепью. Дайте названия по номенклатуре ИЮПАК. (Ответ: C_8H_{14})
3. Определите массовые расходы технического хлороводорода и винилацетилена для получения 550 кг хлоропрена, если массовая доля HCl 96%, а хлороводород взят с 10% избытком от стехиометрического. (Ответ: 260 кг техн. HCl ; 323 кг C_4H_4)
4. Какие вещества образуются при взаимодействии 10,2 г изопрена с 4,48 л (н.у.) хлора. Определите массовые доли продуктов реакции. (Ответ: 57% $C_5H_8Cl_2$; 43% $C_5H_8Cl_4$)
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 бутан → этилен → этанол → бутадиен-1,3 → дивиниловый каучук → CO_2
6. При сополимеризации стирола с бутадиеном-1,3 было получено 10 г бутадиен-стирольного каучука. При сжигании его образовалось 8,4 г воды. Определите массовую долю стирола в полимере. (Ответ: 52%)

Дополнительные задания

1. Определите массу бутан-изопентановой фракции, с массовой долей изопентана 75%, которая необходима для получения 375 кг изопрена с выходом 58%. Степень превращения изопентана 33%. (Ответ: 2766 кг)
2. Назовите по номенклатуре ИЮПАК следующие углеводороды:
 а) $H_2C=C=CH-\underset{\substack{| \\ H_3C}}{CH}-CH_3$; б) $H_3C-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{C}=CH-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH=CH_2$;
 в) $H_2C=CH-\underset{\substack{| \\ H_3C}}{C}=C\begin{matrix} / \\ CH_3 \\ \backslash \\ CH_3 \end{matrix}$; г) $H_2C=CH-\underset{\substack{| \\ H_3C}}{C}=CH-CH=CH_2$.

3. Определите молекулярную формулу диенового углеводорода, если после полного гидрохлорирования его относительная молекулярная масса увеличилась в 2,35 раза, по сравнению с исходным диеном. (*Ответ:* C_4H_6)
4. Для гидрохлорирования винилацетилена было использовано 580 м^3 технического хлороводорода (объемная доля HCl 96%). Определите массы хлоропрена и винилацетилена. Выход хлоропрена 75%. (*Ответ:* 1650 кг хлоропрена; 1293 кг винилацетилена)
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - а) метан \rightarrow хлорметан \rightarrow этан \rightarrow хлорэтан \rightarrow этиловый спирт \rightarrow бутадиен-1,3
 - б) 1,4-дибромбутан \rightarrow циклобутан \rightarrow бутан \rightarrow бутен \rightarrow бутадиен-1,3 \rightarrow полимер
 - в) 2-метил-1,4-дихлорбутан \rightarrow изопрен \rightarrow изопентан $\rightarrow CO_2 \rightarrow CO \rightarrow CH_3OH$
6. Вычислите массовую долю углерода в изопрене и изопреновом каучуке. Влияет ли степень полимеризации на результат вычисления? (*Ответ:* 88,23%)

Занятие 25

Тема: Бензол и его гомологи. Строение, химические свойства, получение. Переработка нефти.

Учебно-целевые вопросы:

1. Ароматические углеводороды.
2. Изомерия и номенклатура аренов.
3. Электронное строение молекулы бензола и его гомологов. Физические и химические свойства.
4. Заместители I и II рода, правила ориентации. Примеры заместителей, их влияние на последующее замещение.
5. Получение гомологов бензола.
6. Строение стирола (винилбензола). Химические свойства.

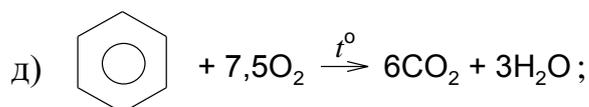
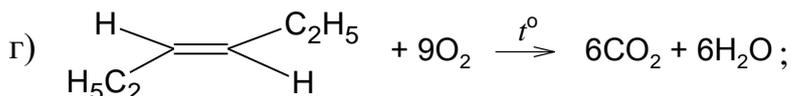
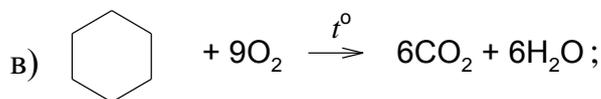
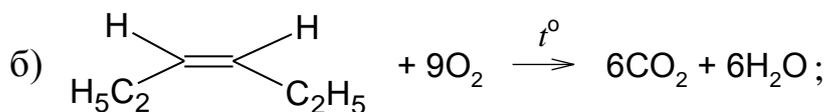
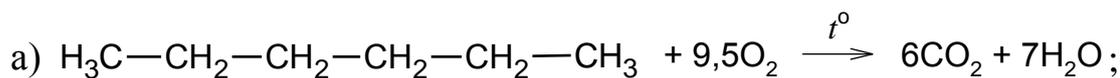
Обучающие задания:

Задача № 1

Можно ли по объему газов, образовавшихся при горении, учитывая и пары воды, отличить следующие соединения: а) гексан; б) цис-гексен-3; в) циклогексан; г) транс-гексен-3; д) бензол; е) гексин-1. Дайте обоснованный ответ. Запишите уравнения реакций, используя структурные формулы.

Решение:

1. Запишем уравнения реакций:



2. Находим суммарный объем образовавшихся газов $V(\text{CO}_2) + V(\text{H}_2\text{O})$ по уравнениям а) – е): а) 13; б) 12; в) 12; г) 12; д) 9; е) 11.

Таким образом, отличить можно друг от друга гексан, бензол, гексин (и их – от остальных изомерных углеводородов).

б), в), г) – изомеры (C_6H_{12}), поэтому суммарный объем выделившихся газов во всех случаях одинаков и отличить их друг от друга по объему выделившихся газов, нельзя.

Ответ: а, д, е (друг от друга).

Задача № 2

Определить молекулярную формулу ароматического углеводорода, если относительная плотность его паров по воздуху 4,62.

Решение:

1. Общая формула ароматических углеводородов $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$.

2. Определяем относительную молекулярную массу по формуле

$$M_r = D \cdot M_{r(\text{воздуха})}; M_r(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) = 4,62 \cdot 29 = 134.$$

Используя подстрочный индекс n , составляем равенство и определяем число атомов углерода в углеводороде: $12n + 2n - 6 = 134$; $n = 10$; молекулярная формула $\text{C}_{10}\text{H}_{14}$.

Ответ: $\text{C}_{10}\text{H}_{14}$.

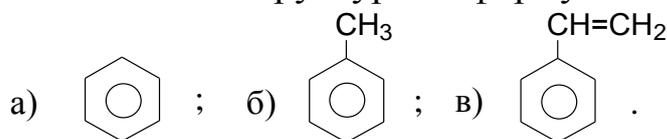
Задача № 3

Определите типы гибридизации атомных орбиталей углерода в молекулах бензола, толуола, стирола. Покажите возможные варианты протека-

ния реакций с хлором для перечисленных соединений. Укажите типы реакций.

Решение:

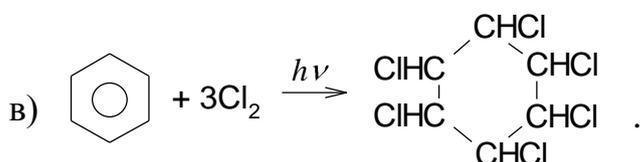
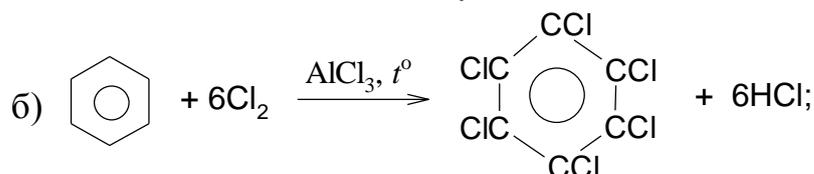
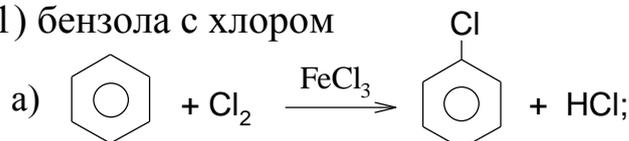
I. Напишем структурные формулы вышеуказанных углеводородов:



Типы гибридизации в углеводородах: а) все атомы углерода в бензольном кольце находятся в sp^2 -гибридном состоянии; б) все атомы углерода в бензольном кольце находятся в sp^2 -гибридном состоянии, а в метильном радикале атом углерода - в sp^3 -гибридном состоянии; в) в стироле все атомы углерода, как в бензольном кольце, так и в радикале, находятся в sp^2 -гибридном состоянии.

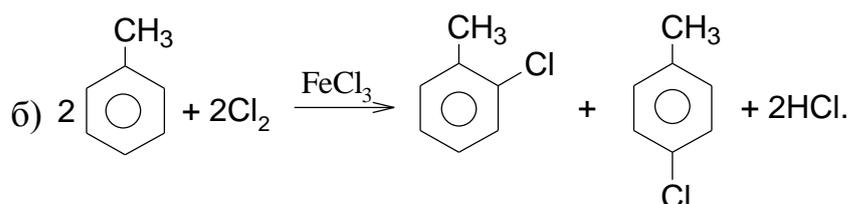
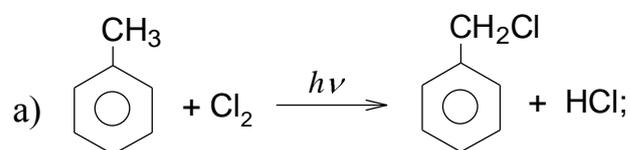
II. Запишем уравнения реакций:

1) бензола с хлором



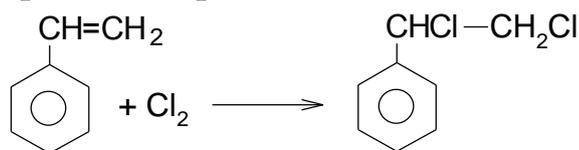
Реакции а, б – электрофильное замещение; в – радикальное присоединение.

2) толуола с хлором



Реакция а – радикальное замещение, б – электрофильное замещение.

3) стирола с хлором



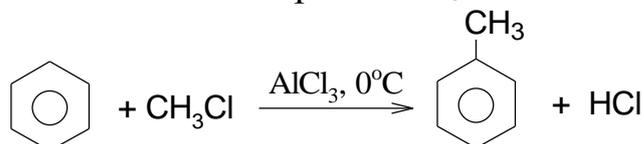
электрофильное присоединение.

Задача № 4

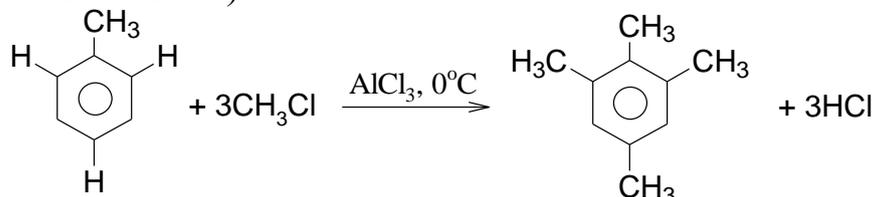
Какой ароматический углеводород должен образоваться в качестве конечного продукта реакции при длительном пропускании большого избытка метилхлорида через смесь бензола и хлористого алюминия? Дайте обоснованный ответ, напишите уравнения реакций.

Решение:

1. Бензол вступает в реакцию алкилирования с метилхлоридом в присутствии катализатора – AlCl_3 .

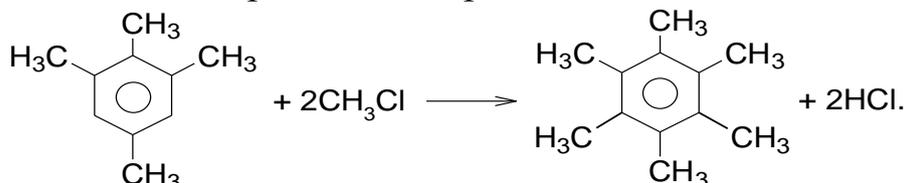


2. Метильный радикал – ориентант 1 рода, направляет последующие электрофильные реагенты в *o*- и *p*-положения и ускоряет реакции замещения в сравнении с бензолом (при 80°C возможно замещение в *m*-положение).

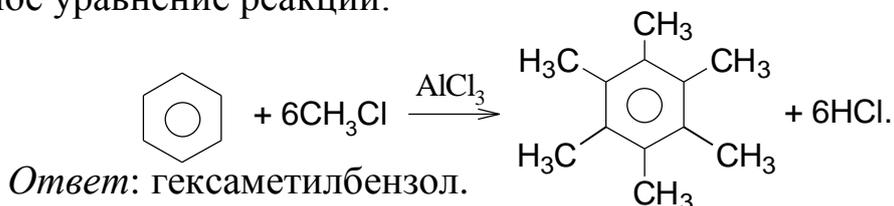


1,2,3,5 – тетраметилбензол

3. Под влиянием метильных групп, находящихся в положениях 1,3,5 резко увеличивается реакционная способность атомов углерода в 4,6-положениях (согласованная ориентация). В результате происходит полное алкилирование с образованием гексаметилбензола.



Таким образом, согласно условию задачи можно написать суммарное уравнение реакции:



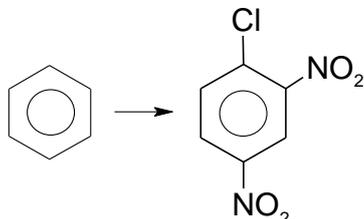
Ответ: гексаметилбензол.

Задача № 5

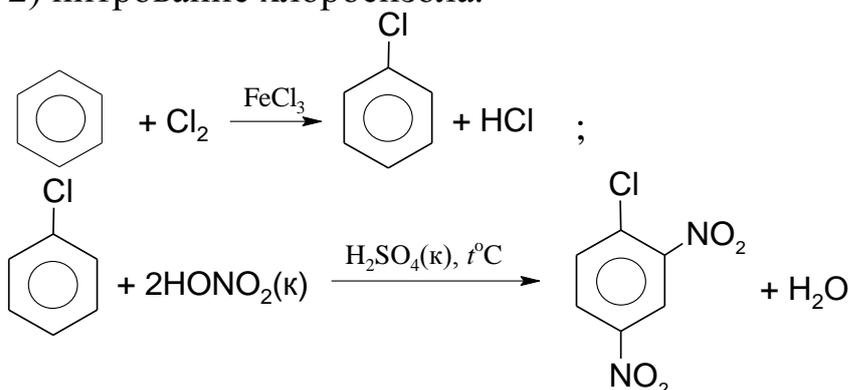
В какой последовательности надо проводить реакции, чтобы из бензола получить 1-хлор-2,4-динитробензол? Напишите уравнения реакций.

Решение:

1. Запишем задание с помощью структурных формул:



2. В бензольное кольцо необходимо ввести хлор (*o*-, *n*- ориентант) и нитрогруппу (*m*-ориентант).
3. Для получения 1-хлор-2,4-динитробензола необходимо провести 2 стадии:
- 1) хлорирование бензола;
 - 2) нитрование хлорбензола.

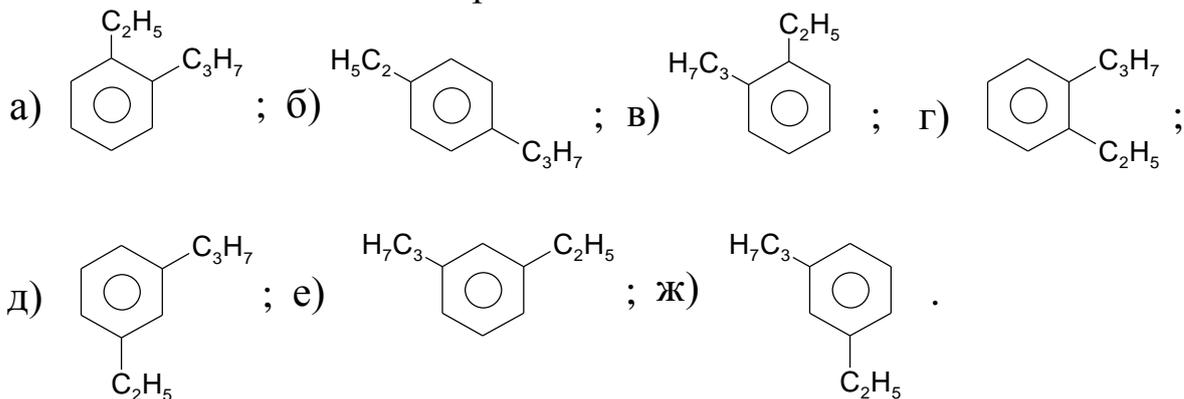
**Обратите внимание!**

Изменение последовательности стадий не приведет к целевому продукту.

Ответ: хлорирование; нитрование.

Задания для самостоятельного решения

1. Сколько соединений изображено ниже? Назовите эти соединения.



2. Относительная плотность паров углеводорода по кислороду 3,75. Массовая доля водорода в нем равна 10%. Выведите молекулярную формулу углеводорода. (*Ответ: C₉H₁₂*)
3. Газ, образовавшийся при полном сгорании смеси бензола с циклогексаном пропустили через баритовую воду и получили 35,5 г белого осадка. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси, если такое же количество ее может обесцветить 50 г бромной воды, содержащей 3,2% брома. (*Ответ: 65,5% C₆H₆; 34,5% C₆H₁₀*)
4. Карбид кальция массой 38,4 г обработали избытком воды, и полученный ацетилен подвергли тримеризации. Какую массу бромбензола можно получить из образовавшегося бензола, если выход продуктов реакции на второй и третьей стадиях составляет соответственно 70% и 80%. (*Ответ: 17,58 г*)
5. Смесь гексана с гептаном массой 4,72 г была подвергнута дегидроциклизации на платиновом катализаторе. Полученные продукты реакции прореагировали с раствором KMnO₄. На нейтрализацию продуктов окисления потребовалось 100 мл 0,3 М раствора гидроксида натрия. Вычислите массовую долю гексана в исходной смеси углеводородов, считая, что все процессы протекают количественно. (*Ответ: 36,44%*)

Дополнительные задания

1. Напишите структурные формулы следующих соединений: винилбензола; 3-фенилпропена-1; 2-фенилбутена-2. Являются ли они гомологами бензола? Напишите общую формулу для этого ряда углеводородов.
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения, укажите условия протекания реакций:
 - а) пропанол-1 \rightarrow X₁ \rightarrow гексан $\xrightarrow{t^\circ, kat}$ X₂ \rightarrow C₆H₅CH₃ $\xrightarrow{Cl_2, h\nu}$ X₃;
 - б) циклогексан \rightleftharpoons бензол \rightarrow толуол \rightarrow бензойная кислота \rightleftharpoons \rightleftharpoons бензоат натрия \rightarrow бензол.
3. Какую массу циклогексана можно получить трехстадийным синтезом из 112 л метана (н.у.), если выходы продуктов синтеза соответственно составляют 70%, 80% и 90%. (35,28 г)
4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения, укажите условия протекания реакций:
 - а) метан \rightarrow ацетилен \rightarrow бензол \rightarrow этилбензол $\xrightarrow{+Cl_2}$ X₁ \rightarrow X₂ \rightarrow полистирол;
 - б) карбид кальция \rightarrow X $\xrightarrow{t, C_{акт.}}$ X₁ $\xrightarrow{HNO_3, H_2SO_4}$ X₂ $\xrightarrow{CH_3Cl}$ X₃ $\xrightarrow{Br_2, kat}$ X₄ $\xrightarrow{KMnO_4, H_2SO_4}$ X₅
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения, укажите условия протекания реакций:

- а) оксид кальция → карбид кальция → ацетилен → бензол → толуол → CO_2
- б) карбид алюминия → метан → ацетилен → бензол → хлорбензол → этилбензол
- в) 1-хлорпропан → гексан → бензол → гексахлорбензол
- г) метан → хлорметан → пропан → пропен → пропин → 1,3,5-триметилбензол.

Занятие 26

Тема: Кислородсодержащие органические соединения. Спирты одноатомные и многоатомные. Фенолы. Строение, химические свойства, способы получения.

Учебно-целевые вопросы:

1. Какие органические вещества называют кислородсодержащими?
2. Какие вещества называют спиртами? Классификация спиртов по атомности, строению углеводородного радикала, расположению гидроксильной группы.
3. Одноатомные предельные спирты (алканола): общая формула, гомологический ряд, изомерия, номенклатура.
4. Электронное строение на примере этанола. Физические свойства спиртов, водородные связи в спиртах.
5. Химические свойства: реакции замещения (с металлами, с органическими и неорганическими кислотами, с галогеноводородами, с аммиаком); реакции отщепления (дегидратации, дегидрирования); реакции окисления.
6. Способы получения алканолов (гидратация алкенов, щелочной гидролиз галогеналканов, гидрирование альдегидов и кетонов, гидролиз сложных эфиров, специфические способы получения метанола и этанола).
7. Действие этанола на организм человека. Применение в медицине. Особенности строения многоатомных спиртов. Изомерия, номенклатура.
8. Химические свойства: взаимодействие со щелочными металлами, щелочами, гидроксидом меди (II), хлороводородом, азотной, фосфорной и карбоновыми кислотами.
9. Способы получения этиленгликоля (из этена и дигалогеналканов) и глицерина (из пропилена и жиров).
10. Какие соединения называются фенолами?
11. Классификация. Номенклатура. Изомерия.
12. Электронное строение молекулы фенола. Взаимное влияние атомов в молекуле.

13. Химические свойства фенола: а) реакции с участием гидроксильной группы (сопоставление со свойствами одноатомных спиртов); б) реакции с участием бензольного кольца (сопоставление со свойствами бензола); в) качественная реакция на фенол (взаимодействие с FeCl_3).
14. Получение фенола.

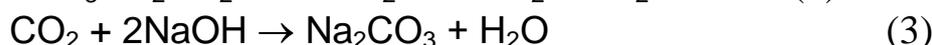
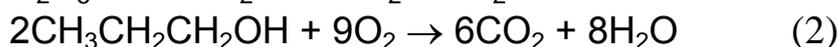
Обучающие задания:

Задача № 1

При сжигании смеси этанола и пропанола-1 массой 21,2 г образовался оксид углерода(IV), на поглощение которого затратили раствор объемом 200,5 мл с массовой долей NaOH 30% (пл. 1,33 г/мл). При поглощении CO_2 щелочью образовалась средняя соль. Чему равна массовая доля этанола в исходной смеси спиртов?

Решение:

Составляем уравнения реакций горения спиртов и поглощения CO_2 раствором NaOH :



Общее количество CO_2 найдем по отношению с количеством гидроксида натрия: $n(\text{NaOH}) = \frac{200,5 \cdot 1,33 \cdot 0,3}{40} = 2$ моль.

Находим количество CO_2 по уравнению реакции (3):

$$\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{NaOH})} = \frac{1}{2}, \text{ следовательно, } n(\text{CO}_2) = 1 \text{ моль.}$$

Задачу решаем алгебраически: пусть $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = x$ моль, тогда количество вещества CO_2 , образовавшегося при сгорании этанола $n_1(\text{CO}_2) = 2x$, а $n_2(\text{CO}_2) = (1 - 2x)$ моль и $n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{1 - 2x}{3}$ моль.

$$\text{Составляем уравнение } 46x + 60 \cdot \frac{1 - 2x}{3} = 21,2.$$

Решив уравнение, найдем $x = 0,2$, то есть $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,2$ моль.

Масса этанола равна 9,2 г, а массовая доля

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{9,2}{21,2} \cdot 100\% = 43,4\%.$$

Ответ: 43,4%.

Задача № 2

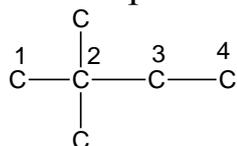
К каким двум классам органических соединений может относиться вещество состава $C_nH_{2n+2}O$? Приведите структурные формулы этих соединений с $n = 6$, если в каждом из них содержится четвертичный атом углерода. Дайте названия, укажите число изомеров.

Решение:

1. Общей формуле $C_nH_{2n+2}O$ соответствуют 2 класса органических соединений: а) предельные одноатомные спирты; б) простые эфиры.

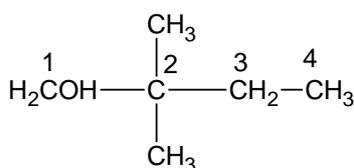
2. Выведем структурные формулы спиртов, согласно условию задачи:

а) сначала выпишем цепочку углеродных атомов, составляющих «скелет» молекулы с четвертичным атомом углерода (общее число атомов углерода – 6):

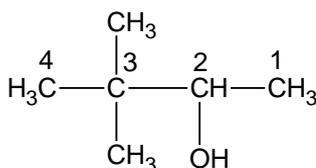


б) разместим функциональную группу спиртов $-OH$ у атомов углерода, меняя положение. Принципиально различны следующие три положения: 1, 3, 4.

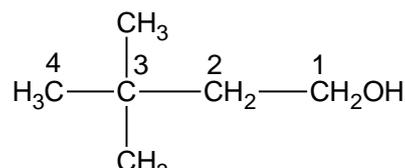
в) Запишем структурные формулы спиртов и дадим названия:



2,2-диметилбутанол-1
диметилбутанол-1

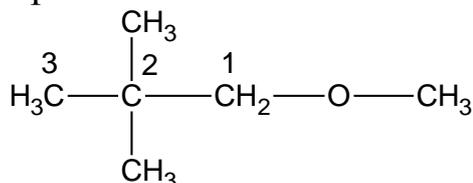


3,3-диметилбутанол-2



3,3-

3. Выведем структурную формулу простого эфира, исходя из вышеприведенного углеродного скелета. Для соблюдения условия задачи необходимо разместить атом кислорода между C_3-C_4 атомами углерода. Других вариантов нет.



метилнеопентилловый эфир (1-метокси-2,2-диметилпропан).

Ответ: 4 изомера.

Задача № 3

Установите строение вещества, которое называют спиртом листьев. Известно, что это цис-одноатомный спирт этиленового ряда; 4,5 г его обесцвечивают полностью 180 г 4%-ного раствора брома в четыреххлористом углероде. При окислении в жестких условиях образуются только два органических соединения: пропановая и пропандиовая кислоты. Исход-

ный спирт имеет сильный запах листьев и свежей травы, содержится во многих фруктах, растениях. Его применяют для составления парфюмерных композиций и как компонент пищевых эссенций.

Решение:

1) Одноатомные спирты этиленового ряда имеют общую формулу

$C_nH_{2n-1}OH$. Запишем уравнение реакции:



2) Находим массу и количество вещества брома:

$$m(Br_2) = m(p-pa) \cdot \omega; \quad m(Br_2) = 180 \cdot 0,04 = 72 \text{ г};$$

$$n(Br_2) = \frac{m}{M}; \quad n(Br_2) = \frac{7,2}{160} = 0,045 \text{ моль}.$$

3) Находим количество и молярную массу спирта:

$$\text{по уравнению } n(C_nH_{2n-1}OH) = n(Br_2); \quad n(C_nH_{2n-1}OH) = 0,045 \text{ моль};$$

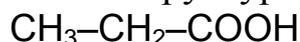
$$M = \frac{m}{n}; \quad M(C_nH_{2n-1}OH) = \frac{4,5}{0,045} = 100 \text{ г/моль}.$$

4) Составляем равенство и находим n : $14n + 16 = 100$; $n = 6$.

Молекулярная формула спирта $C_6H_{11}OH$.

5) По продуктам окисления устанавливаем строение спирта.

Запишем структурные формулы кислот:



пропановая кислота

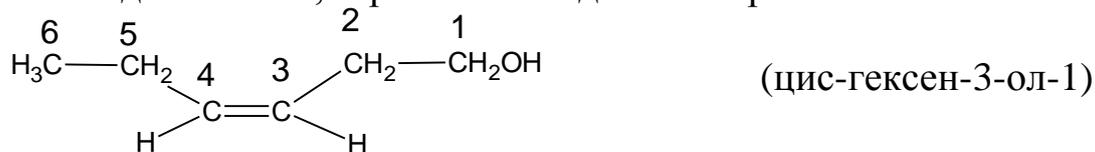


пропандиовая кислота

При окислительном расщеплении окисление происходит по месту разрыва двойной связи.

Эти кислоты могли образоваться из этиленового спирта, имеющего группировки: $CH_3-CH_2-CH=$ и $=CH-CH_2-CH_2OH$;

следовательно, строение исходного спирта



Ответ: цис-гексен-3-ол-1

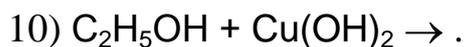
Задача № 4

Закончите уравнения осуществимых реакций, назовите продукты:

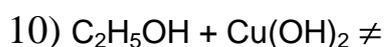
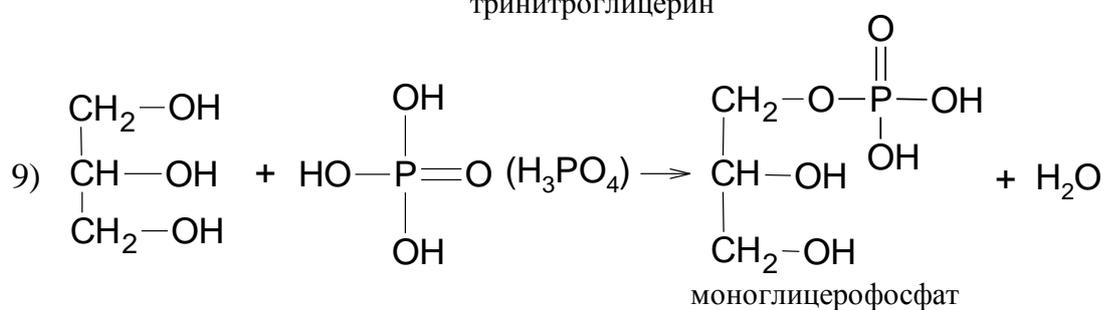
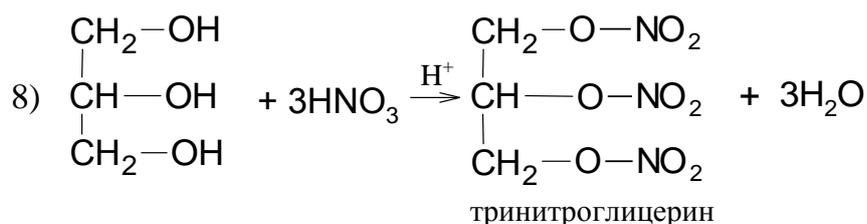
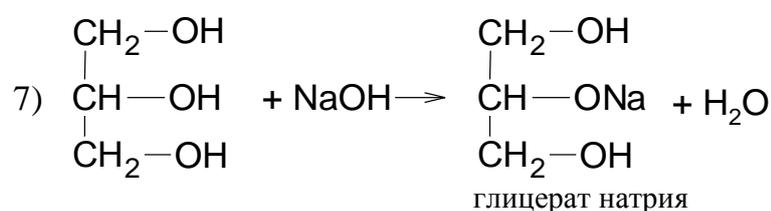
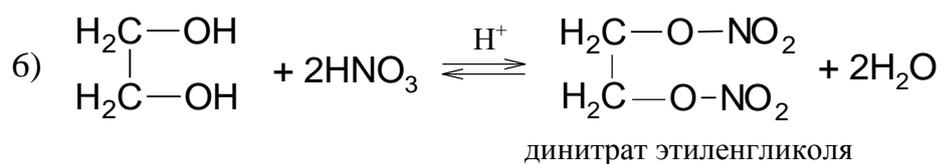
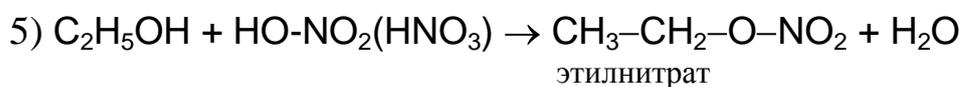
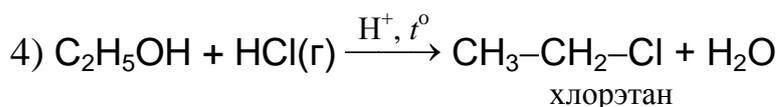
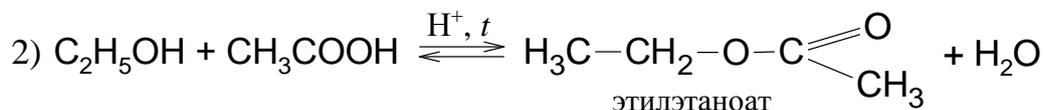
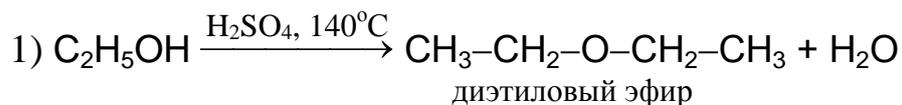
1) $C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4, 140^\circ C}$; 2) $C_2H_5OH + CH_3COOH \rightarrow$; 3) $C_2H_5OH + NaOH \rightarrow$;

4) $C_2H_5OH + HCl \rightarrow$; 5) $C_2H_5OH + HNO_3 \rightarrow$;

6) $\begin{array}{c} H_2C-OH \\ | \\ H_2C-OH \end{array} + 2HNO_3 \rightarrow$; 7) $\begin{array}{c} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + NaOH \rightarrow$; 8) $\begin{array}{c} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + 3HNO_3 \rightarrow$; 9) $\begin{array}{c} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + H_3PO_4 \rightarrow$;



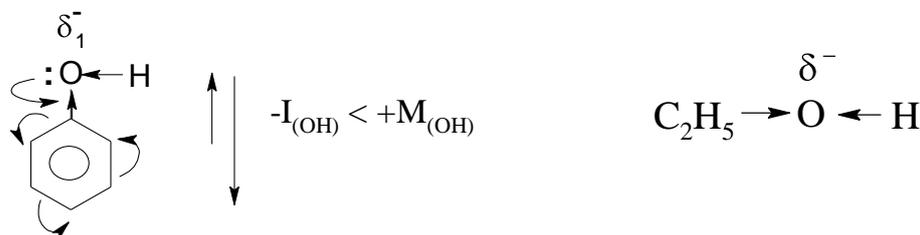
Решение:



Задача № 5

Сопоставить с точки зрения электронного строения кислотность фенола и этанола.

Решение:



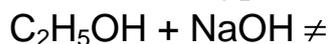
В молекуле фенола $|+M_{(\text{OH})}| > |-I_{(\text{OH})}|$, поэтому электронная плотность на атоме "О" уменьшается, а полярность ОН-связи увеличивается. В молекуле этанола за счет (+I) C_2H_5 -группы увеличивается избыточный отрицательный заряд на атоме "О". Так как $|\delta_1^-| < |\delta_2^-|$, то полярность ОН-связи и, следовательно, кислотные свойства фенола выше, чем этанола. Вследствие этого фенол взаимодействует со щелочью, а этанол практически не взаимодействует.

Задача № 6

На нейтрализацию смеси фенола с этанолом затратили 100 мл раствора NaOH с массовой долей 30% (пл. 1,33 г/мл). Такая же масса смеси прореагировала с 35 г металлического натрия. Определите массы фенола и этанола в смеси.

Решение:

Составляем уравнения реакций:



Определяем:

1) Массу, количество NaOH и соответствующее ему по уравнению (1) количество фенола: $m(\text{NaOH}) = \omega \cdot \rho \cdot V = 0,3 \cdot 1,33 \cdot 100 = 40$ г;

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{40}{40} = 1 \text{ моль};$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{NaOH}) = 1 \text{ моль}; \quad m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n \cdot M = 1 \cdot 94 = 94 \text{ г.}$$

2) По условию задачи: $n_1(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n_2(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 1$ моль.

3) Согласно уравнению реакции (2): $n_2(\text{Na}) = n_2(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 1$ моль.

4) Общее количество натрия: $n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{35}{23} = 1,52$ моль.

5) Количество натрия, взаимодействующего с этанолом:

$$n_3(\text{Na}) = n(\text{Na}) - n_2(\text{Na}) = 1,52 - 1 = 0,52 \text{ моль.}$$

- 6) Согласно уравнению реакции (3): $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n_3(\text{Na}) = 0,52 \text{ моль};$
 $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n \cdot M = 0,52 \cdot 46 = 23,92 \text{ г.}$

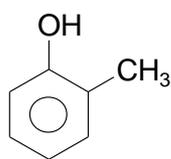
Ответ: 94 г $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$; 23,92 г $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

Задача № 7

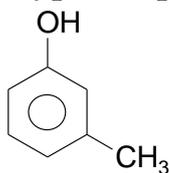
Напишите структурные формулы всех изомерных соединений ароматического ряда общей формулы $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$, дать названия. Каким классам соединений они соответствуют?

Решение:

- $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ соответствует общей формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}\text{O}$. Это могут быть: а) фенолы; б) ароматические спирты; в) жирноароматические простые эфиры.
- Выведем структурные формулы и дадим названия:



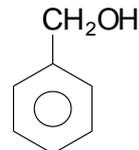
o-метилфенол



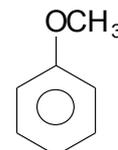
m-метилфенол



n-метилфенол



бензиловый спирт

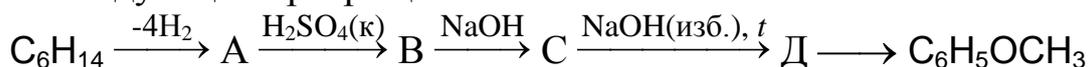


метилфениловый эфир

Ответ: фенолы (а-в); ароматический спирт (г); простой эфир (д).

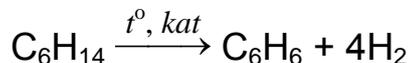
Задача № 8

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

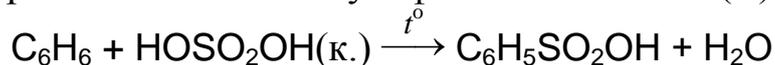


Решение:

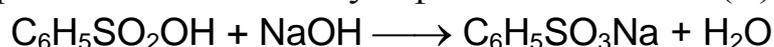
- При отщеплении 4 моль водорода от гексана получают бензол (А):



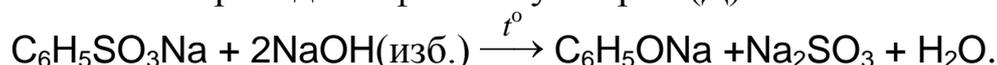
- Бензол вступает в реакцию электрофильного замещения с конц. H_2SO_4 с образованием бензолсульфоновой кислоты (В):



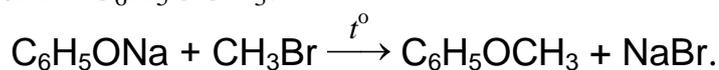
- Бензолсульфоновая кислота реагирует со щелочью с образованием натриевой соли бензолсульфоновой кислоты (С):



- Щелочное плавление натриевой соли бензолсульфоновой кислоты с избытком NaOH приведет к феноляту натрия (Д):



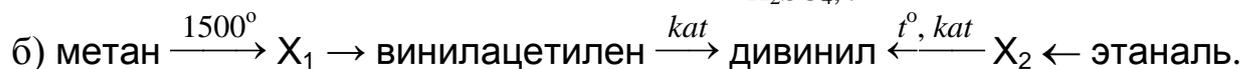
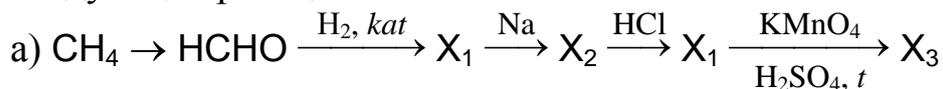
- 5) Фенолят натрия можно ввести в реакцию с бромистым метилом для получения $C_6H_5OCH_3$:



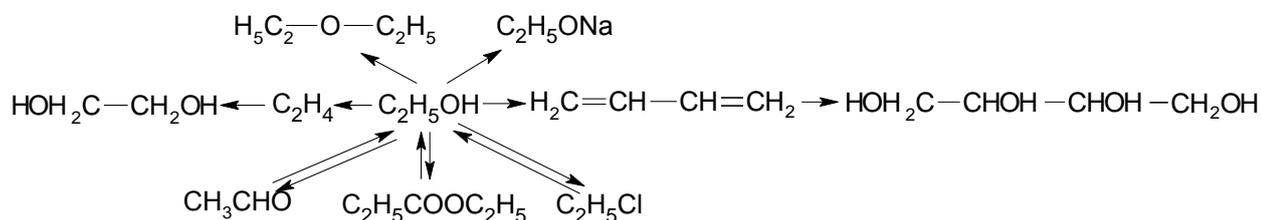
Упражнения и задачи для самостоятельного решения

Задания для самостоятельного решения

1. При взаимодействии 11,1 г спирта с калием выделилось 1,68 л (н.у.) водорода. Установите строение спирта, если при окислении его бихроматом калия в кислой среде получается кислота, натриевая соль которой при сплавлении с едким натром образует углеводород нормального строения. Составьте схемы перечисленных реакций. (бутанол-1)
2. Установите молекулярную формулу предельного одноатомного спирта, если в продукте взаимодействия его с серной кислотой массовая доля серы составляет 22,85%. Приведите формулы возможных изомеров. (Ответ: C_3H_7OH)
3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие реакции:



4. Этиленгликоль, являющийся главным ингредиентом автомобильного антифриза, получают в две стадии; сначала этилен реагирует с хлорноватистой кислотой, а затем продукт реакции гидролизуют водным раствором щелочей. Определите объем этилена, который необходим для получения 45 кг раствора этиленгликоля с массовой долей последнего 62%. (Ответ: 10,08 м³)
5. Составьте уравнения реакций следующих превращений:



Укажите условия их протекания, дайте названия органическим соединениям.

Дополнительные задания

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения, укажите условия протекания реакций:

- а) карбид алюминия $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ $\text{X}_1 \xrightarrow{t^\circ}$ $\text{X}_2 \rightarrow$ этаналь $\xrightarrow{\text{H}_2}$ $\text{X}_3 \xrightarrow{\text{HCOOH}}$ X_4 ;
- б) пропанол-1 \rightarrow пропен $\xrightarrow{\text{Br}_2}$ $\text{X}_1 \rightarrow$ пропин $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$ $\text{X}_2 \xrightarrow{\text{H}_2}$ X_3 .
- Установите молекулярную формулу предельного одноатомного спирта, если при взаимодействии 18,5 г его с некоторым щелочным металлом выделяется 2,8 л водорода (н.у.). (*Ответ:* $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$)
 - При нагревании этанола массой 23 г с концентрированной серной кислотой образуются два органических вещества. Первое вещество – газ, обесцвечивающий 80 г 20%-ного раствора брома в четыреххлористом углероде. Второе вещество – легкокипящая жидкость, применяемая в медицине для наркоза. Какие вещества и в каких количествах были получены из этанола? (*Ответ:* C_2H_4 0,1 моль; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ 0,2 моль)
 - Фенол массой 14,1 г смешали с избытком цинковой пыли и нагрели. При этом была получена жидкость с выходом 80%, которая не обесцвечивает бромную воду и раствор перманганата калия. Последующее хлорирование ее на свету привело к образованию соединения содержащего 24,74% углерода и 2,06% водорода и 73,2% хлора. Молярная масса этого вещества больше молярной массы хлора в 4, 1раз. Определите массу продукта хлорирования? (*Ответ:* 34,92 г)
 - Смесь стирола и одного из гомологов фенола, содержащего один радикал в мета-положении, общей массой 0,660 г вступает в реакцию с 50 г 3,2%-ного раствора брома в CCl_4 . При обработке этой смеси такой же массы избытком натрия выделяется 22,4 мл водорода (н.у.). Установите строение гомолога бензола. (*Ответ:* м-этилфенол)

Занятие 27

Тема: Альдегиды и кетоны. Химические свойства и получение.

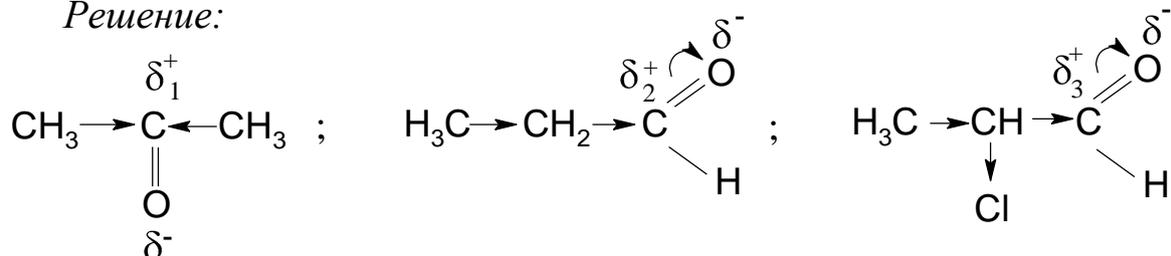
Учебно-целевые вопросы:

- Классификация альдегидов по строению углеводородного радикала.
- Гомологический ряд альдегидов. Номенклатура. Изомерия.
- Строение карбонильной группы, распределение электронной плотности в молекулах альдегидов.
- Химические свойства альдегидов. Получение альдегидов.
- Понятие о кетонах.

Обучающие задания:**Задача № 1**

Сопоставьте с точки зрения электронного строения реакцию способность следующих соединений в реакциях нуклеофильного присоединения по карбонильной группе: пропанона, пропанала, 2-хлорпропанала.

Решение:



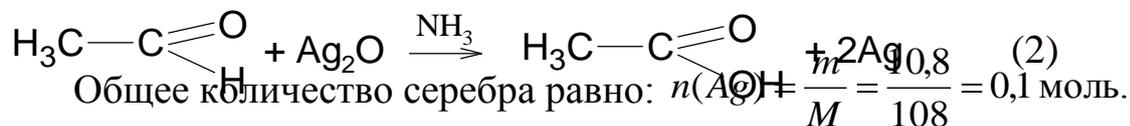
Реакционная способность тем выше, чем больше величина частичного положительного заряда на карбонильном атоме углерода. Так как два радикала CH_3- в большей степени гасят частичный положительный заряд на карбонильном атоме углерода в пропаноне, чем один радикал C_2H_5- в пропанале, то $|\delta_1^+| < |\delta_2^+|$. Введение электроноакцепторного атома Cl приводит к увеличению δ_3^+ в 2-хлорпропанале за счет ($-I$) Cl . Таким образом, в предложенном ряду соединений реакционная способность увеличивается, т.к. $|\delta_1^+| < |\delta_2^+| < |\delta_3^+|$.

Задача № 2

При взаимодействии 1,04 г смеси формальдегида и ацетальдегида с избытком аммиачного раствора оксида серебра(I) образовалось 10,8 г металла. Какой объем занял бы этот формальдегид в виде газа (н.у.)?

Решение:

Записываем уравнения реакций (упрощенный вариант):



Допустим, что $n(\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}) = x$ моль, тогда $n_1(\text{Ag}) = 4x$ моль,

а $n_2(\text{Ag}) = (0,1 - 4x)$ моль; $n(\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}) = 0,5(0,1 - 4x)$ моль.

Составляем уравнение: $30x + 22(0,1 - 4x) = 1,04$.

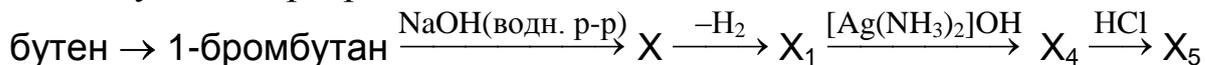
Решив уравнение, найдем $x = 0,02$, т.е. $n(\text{HCHO}) = 0,02$ моль.

Определим объем формальдегида: $V = n \cdot V_m = 0,02 \cdot 22,4 = 0,448$ л.

Ответ: 0,448 л HCHO .

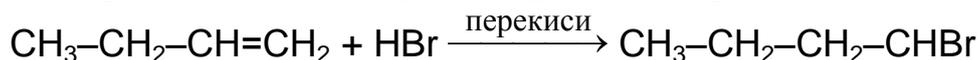
Задача № 3

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

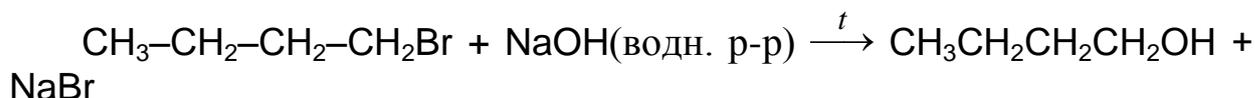


Решение:

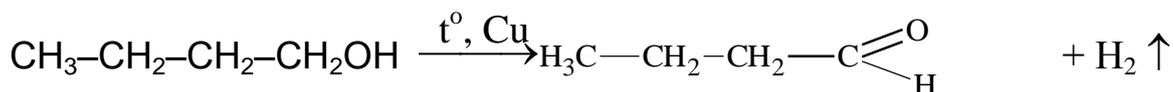
- Для получения 1-бромбутана из бутена-1 необходимо провести реакцию гидробромирования в присутствии перекисных соединений; в этих условиях реакция пойдет против правила Марковникова:



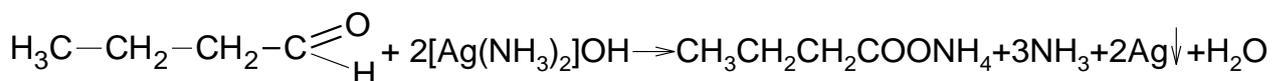
- 1-бромбутан при взаимодействии с водным раствором щелочи подвергается гидролизу с образованием бутанола-1 (X):



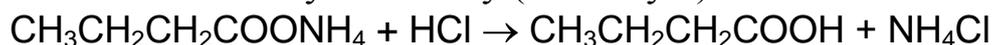
- Бутанол-1 при дегидрировании образует альдегид – бутаналь (X₁):



- Гидроксиддиаммин серебра (I) окисляет бутаналь до аммонийной соли – бутирата аммония (X₄)



- Бутират аммония при взаимодействии с соляной кислотой образует масляную (бутановую) кислоту (X₅). Более сильная кислота (соляная) вытесняет более слабую кислоту (масляную) из соли:

**Задания для самостоятельного решения**

- Напишите структурные формулы следующих соединений:
 - 2-метилпентаналь,
 - 3,3-диметилгексанона-2,
 - пентен-3-аль,
 - этил-вторбутилкетона,
 - 2-этилгептаналь.
- Плотность по водороду вещества, состоящего из 54,55% углерода, 9,09% водорода и 36,36% кислорода, равна 22. Определите его молекулярную и структурную формулы. Приведите уравнения реакций с этим веществом, протекающие с увеличением числа атомов водорода и кислорода. Как называются эти реакции? (*Ответ:* C₂H₄O)
- Вещество А, содержащее 24,4% С, 4,04% Н и 71,72% Cl при нагревании с водой в присутствии слабого основания превращается в вещество В, которое дает реакцию серебряного зеркала. Напишите структурные формулы веществ А и В и соответствующие уравнения реакций. Какие другие соединения можно получить из А, изменив условия реакции. (*Ответ:* 1,1-дихлорэтан, ацетальдегид; винилхлорид, ацетилен)

4. Какой объем кислорода необходим для получения 2 кг формалина с массовой долей формальдегида 40% окислением метанола с выходом 84%? (*Ответ: 355,6 л*)
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
- а) карбид алюминия \rightarrow метан \rightarrow ацетилен \rightarrow ацетальдегид \rightarrow уксусная кислота \rightarrow метилацетат
- б) кальций \rightarrow $X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow$ 1,1-дихлорэтан \rightarrow этаналь \rightarrow ацетат аммония

Дополнительные задания

1. Какие карбонильные соединения можно получить из следующих дигалогенопроизводных: 1) 1,1-дихлорпропана, 2) 2,2-дихлорбутана, 3) 2,2-диметил-1,1-дихлорпентана? Напишите соответствующие уравнения реакций, укажите условия их проведения. Какие классы соединений могут быть получены при изменении условий? Каковы эти условия?
2. При взаимодействии спирта массой 29,6 г с оксидом меди (II) получена медь массой 20,5 г (выход 80%). Установите молекулярную формулу альдегида. Сколько изомерных спиртов соответствуют условию задачи? Напишите соответствующие уравнения реакций и назовите конечные продукты по заместительной номенклатуре. (*Ответ: C_4H_8O ; 2 спирта; бутаналь; метилпропаналь*)
3. Какой объем раствора 20% уксусного альдегида ($\rho = 1,01$ г/мл) окисляется аммиачным раствором оксида серебра(I), если при этом выделяется 3,24 г серебра. Напишите полное уравнение реакции, определите массу образовавшейся соли. (*Ответ: 3,27 мл; 1,16 г соли*)
4. Для количественного окисления эквимолекулярной смеси двух предельных одноатомных спиртов потребовалось 8 г оксида меди (II). При этом была получена смесь альдегидов, которая при взаимодействии с избытком бисульфита натрия образовала 14,8 г осадка. Определите формулы спиртов и массовые доли их в исходной смеси. (*Ответ: метанол, пропанол-1; 34,78% CH_3OH , 65,22% C_3H_7OH*)
5. Выведите молекулярную формулу альдегида, если продукт взаимодействия его с синильной кислотой содержит азот с массовой долей 16,47%. Напишите его структурную формулу и соответствующее уравнение реакции, укажите условия. По какому механизму протекает эта реакция. (*Ответ: C_3H_6O*)

Занятие 28

Тема: Карбоновые кислоты. Химические свойства и получение.

Учебно-целевые вопросы:

1. Классификация карбоновых кислот по строению углеводородного радикала и основности. Гомологический ряд предельных одноосновных кислот.
2. Номенклатура. Виды изомерии.
3. Электронное строение карбоксильной группы. Влияние строения углеводородного радикала на кислотные свойства.
4. Химические свойства карбоновых кислот. Особенности строения и химических свойств муравьиной кислоты.
5. Способы получения.
6. Применение карбоновых кислот.

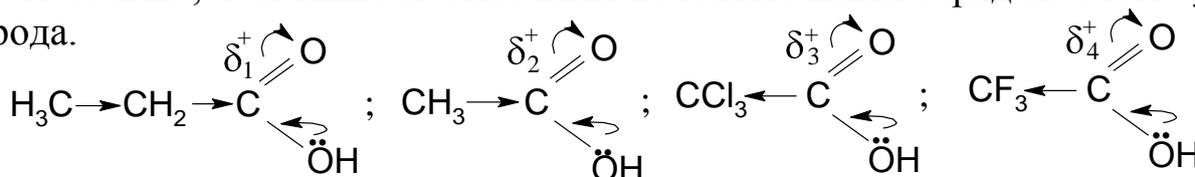
Обучающие задания:

Задача № 1

Сопоставьте кислотность следующих кислот с точки зрения электронного строения: а) пропановая; б) этановая; в) трихлорэтановая; г) трифторэтановая.

Решение:

Кислотность соединений тем выше, чем больше полярность связи О–Н, то есть чем больше смещено электронное облако от атома кислорода гидроксильной группы к карбоксильному атому углерода. Это смещение тем больше, чем выше избыточный положительный заряд на атоме углерода.



$$|\delta_1^+| < |\delta_2^+| < |\delta_3^+| < |\delta_4^+|, \text{ так как } |+I(\text{C}_2\text{H}_5)| > |+I(\text{CH}_3)|, \text{ а } |-I(\text{CF}_3)| > |-I(\text{CCl}_3)|$$

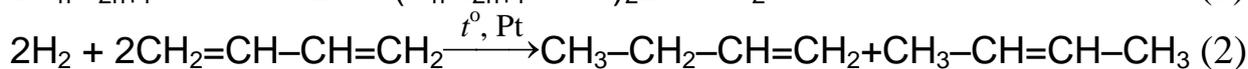
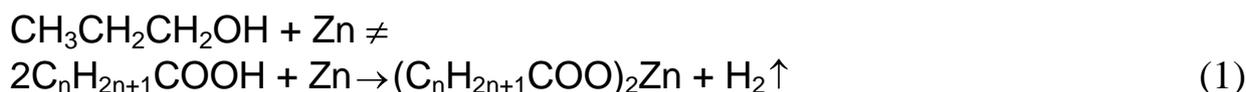
Таким образом, в предложенном ряду кислотность возрастает.

Задача № 2

58,2 г смеси пропанола и предельной одноосновной кислоты в молярном соотношении 2:1 обработали избытком цинковой пыли. Выделившийся при этом газ полностью прореагировал в присутствии платинового катализатора с 3,36 л бутадиена-1,3, превратив его в смесь изомерных бутенов. Какая кислота содержалась в исходной смеси?

Решение:

Составляем уравнения реакций:



Определяем:

1) количество бутадиена-1,3: $n(\text{C}_4\text{H}_6) = \frac{V}{V_m} = \frac{3,36}{22,4} = 0,15$ моль;

2) согласно уравнениям (2) и (1):

$$n(\text{C}_4\text{H}_6) = n(\text{H}_2) = 0,15 \text{ моль}; \quad n(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 2n(\text{H}_2) = 0,3 \text{ моль};$$

3) по условию задачи: $n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 2n(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 0,6$ моль;

4) массу пропанола и кислоты: $m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = n \cdot M = 0,6 \cdot 60 = 36$ г;

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = m_{\text{смеси}} - m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 58,2 - 36 = 22,2 \text{ г};$$

5) молярная масса кислоты равна: $M = \frac{m}{n} = \frac{22,2}{0,3} = 74$ г/моль;

6) составляем равенство и находим n : $14n + 46 = 74$, $n = 2$, следовательно, в исходной смеси содержалась пропановая кислота: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$.

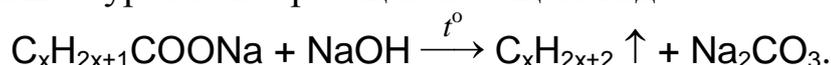
Ответ: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$.

Задача № 3

При сплавлении натриевой соли предельной одноосновной кислоты с гидроксидом натрия выделилось 5,6 л (н.у.) газообразного органического вещества, 1 л которого имеет массу 1,34 г. Определите массу соли вступившей в реакцию и молекулярную формулу выделившегося газа.

Решение:

1. Запишем уравнение реакции в общем виде:



2. Найдем количество вещества выделившегося газа:

$$n = \frac{V}{V_m}; \quad n(\text{C}_x\text{H}_{2x+2}) = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ моль}.$$

3. Определим молярную массу газа и x :

$$\rho = \frac{M}{V_m}; \quad M = \rho \cdot V_m; \quad M(\text{C}_x\text{H}_{2x+2}) = 22,4 \cdot 1,34 = 30 \text{ г/моль}.$$

Составим равенство: $12x + 2x + 2 = 30$; $x = 2$, следовательно, газ – C_2H_6 (этан)

4. Найдем количество вещества и массу соли:

$$\text{по уравнению } n(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{COONa}) = n(\text{C}_x\text{H}_{2x+2});$$

$$n(\text{C}_x\text{H}_{2x+1}\text{COONa}) = 0,25 \text{ моль}; \quad m(\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}) = 96 \cdot 0,25 = 24 \text{ г}.$$

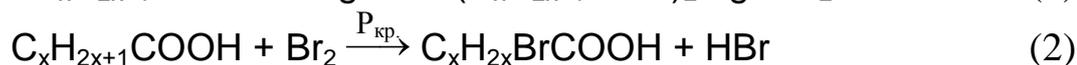
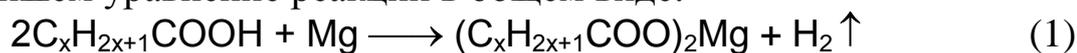
Ответ: C_2H_6 ; 24 г соли.

Задача № 4

При обработке предельной одноосновной кислоты магнием выделилось 6,27 л (н.у.) газа. При бромировании такого же количества кислоты образуется монобромкарбоновая кислота массой 85,68 г. Установите молекулярную формулу кислоты, приведите возможные структурные формулы ее монофункциональных межклассовых изомеров, дайте названия.

Решение:

1. Запишем уравнение реакции в общем виде:



2. Находим количества веществ водорода, кислоты и монобромкарбоновой кислоты:

$$n = \frac{V}{V_m}; \quad n(H_2) = \frac{6,27}{22,4} = 0,28 \text{ моль};$$

по уравнению (1):

$$n(C_xH_{2x+1}COOH) = n(H_2) \cdot 2; \quad n(C_xH_{2x+1}COOH) = 0,28 \cdot 2 = 0,56$$

моль;

по уравнению (2):

$$n(C_xH_{2x}BrCOOH) = n(C_xH_{2x+1}COOH); \quad n(C_xH_{2x}BrCOOH) = 0,56$$

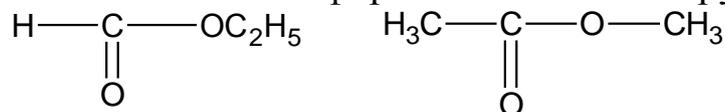
моль.

3. Находим молярную массу монобромкарбоновой кислоты, составляем равенство и определяем x :

$$M = \frac{m}{n}; \quad M(C_xH_{2x}BrCOOH) = \frac{85,68}{0,56} = 153 \text{ г/моль};$$

$14x + 80 + 45 = 153; x = 2$; следовательно, формула кислоты – C_2H_5COOH .

4. Монофункциональными межклассовыми изомерами карбоновых кислот являются сложные эфиры. Напишем их структурные формулы:



этилформиат

ацетатметил

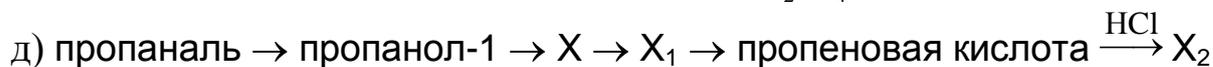
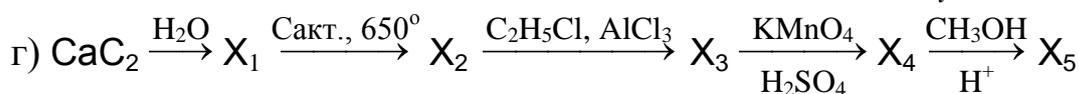
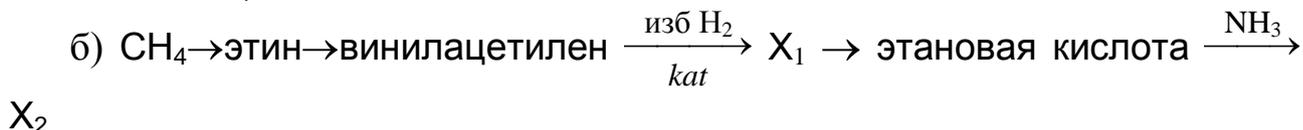
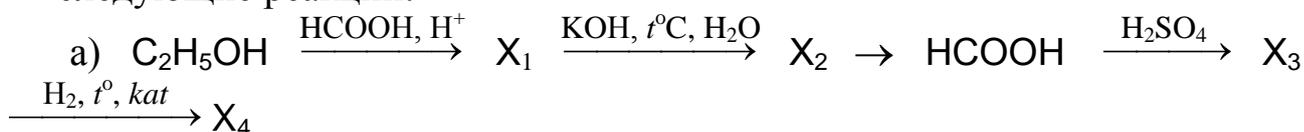
Ответ: C_2H_5COOH ; этилформиат, ацетатметил.

Задания для самостоятельного решения

1. Выведите структурные формулы изомерных кислот состава $C_6H_{12}O_2$ (определите их число). Дайте названия по заместительной номенклатуре. (*Ответ:* 8)
2. Найдите молекулярную формулу вещества, состоящего из 76,05% углерода, 12,68% водорода, 11,27% кислорода. Плотность паров по водороду 142. Приведите структурную формулу вещества, если оно легко

вступает в реакцию с NaOH, а его фрагмент входит в состав жиров. (Ответ: $C_{18}H_{36}O_2$, $CH_3(CH_2)_{16}COOH$)

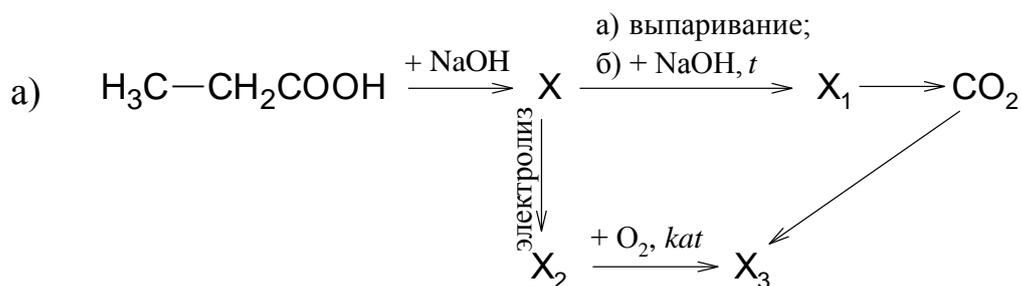
3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие реакции:



4. Установите молекулярную формулу одноосновной предельной кислоты, если массовая доля углерода в ней составляет 58,82%. Выведите все возможные изомерные кислоты и дайте названия по заместительной номенклатуре. (Ответ: $C_5H_{10}O_2$)
5. При взаимодействии 2,96 г неизвестной предельной монокарбоновой кислоты с магнием было получено 3,4 г ее соли. Выведите структурную формулу кислоты. (Ответ: CH_3CH_2COOH)

Дополнительные задания

1. Осуществите следующие схемы превращений, назовите продукты реакций:



- б) ацетальдегид \rightarrow ацетат калия \rightarrow уксусная кислота \rightarrow этилацетат \rightarrow ацетат кальция \rightarrow ацетон

2. На нейтрализацию 7,6 г смеси муравьиной и уксусной кислот израсходовано 35 мл 20%-ного раствора гидроксида калия (пл. 1,20 г/мл). Рассчитайте массу уксусной кислоты и ее массовую долю в исходной смеси. (3 г; 39,5%)

3. Для нейтрализации 6,16 г одноосновной органической кислоты потребовалось 40 г раствора гидроксида бария с массовой долей 15%. Установите молекулярную формулу кислоты. Напишите структурную формулу, если в ней имеется третичный атом углерода. Дайте названия по тривиальной и заместительной номенклатурам. (*Ответ:* $C_4H_8O_2$; изомасляная кислота, метилпропановая кислота)

4. Установите, сколько всего двойных связей содержится в одноосновной кислоте состава $C_{18}H_{30}O_2$, если на полное гидрирование ее массой 41,7 г в присутствии катализатора до насыщенной кислоты потребовалось 7,48 л водорода при $47^\circ C$ и давлении 160 кПа. Выведите общую формулу для этого класса соединений. (*Ответ:* $C_nH_{2n-6}O_2$)

Занятие 29

Тема: Сложные эфиры. Жиры. Химические свойства и получение.

Учебно-целевые вопросы:

1. Сложные эфиры. Изомерия. Номенклатура.
2. Химические и физические свойства сложных эфиров.
3. Высшие жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая.
4. Жиры, их строение, классификация, понятие о номенклатуре.
5. Химические свойства жиров.
6. Биологическая роль жиров.
7. Понятие о поверхностно-активных веществах (ПАВ). Мыла.

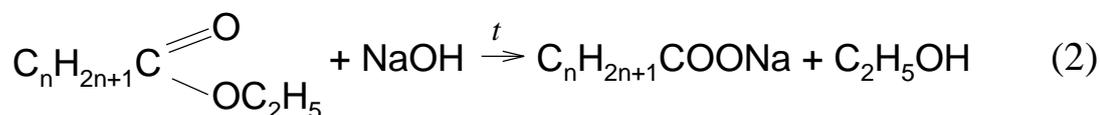
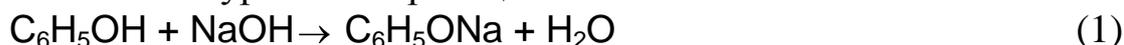
Обучающие задания:

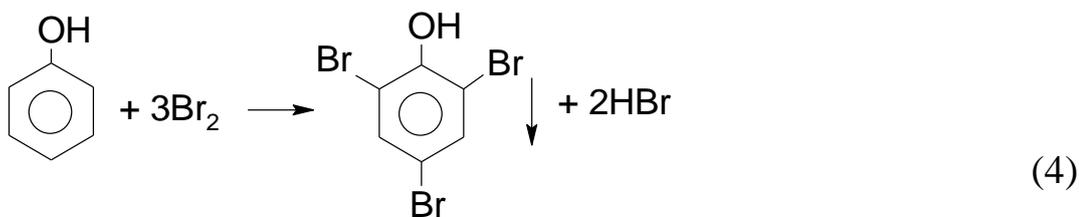
Задача № 1

29,8 г смеси фенола и этилового эфира предельной монокарбоновой кислоты обработали 393,4 мл 20%-ного гидроксида натрия (пл. 1,22 г/мл) при нагревании. На нейтрализацию избытка щелочи потребовалось бы 180,5 мл раствора 36%-ной соляной кислоты (пл. 1,18 г/мл). Если обработать исходную смесь избытком бромной воды, то образуется 33,1 г белого осадка. Определите строение эфира в исходной смеси.

Решение:

Составляем уравнения реакций:





Белый осадок - это 2,4,6-трибромфенол. Определяем:

$$1) n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH})}{M(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH})} = \frac{33,1}{331} = 0,1 \text{ моль};$$

2) согласно уравнению реакции (4):

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,1 \cdot 94 = 9,4 \text{ г};$$

3) по уравнению (1): $n_1(\text{NaOH}) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,1 \text{ моль};$

4) массу, количество HCl и соответствующее ей по уравнению реакции (3)

$$\text{количество NaOH: } m(\text{HCl}) = \frac{\omega\% \cdot \rho \cdot V}{100\%} = \frac{36\% \cdot 1,18 \cdot 180,5}{100\%} = 76,68 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{76,68}{36,5} = 2,1 \text{ моль}; \quad n_3(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = 2,1 \text{ моль};$$

5) общее количество щелочи, израсходованной в реакциях (1), (2) и (3), и количество NaOH, затраченное на гидролиз эфира, количество этого эфира:

$$m_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) = \frac{\omega\% \cdot \rho \cdot V}{100\%} = \frac{20\% \cdot 1,22 \cdot 393,4}{100\%} = 96 \text{ г};$$

$$n_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) = \frac{m_{\text{общ.}}(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{96}{40} = 2,4 \text{ моль};$$

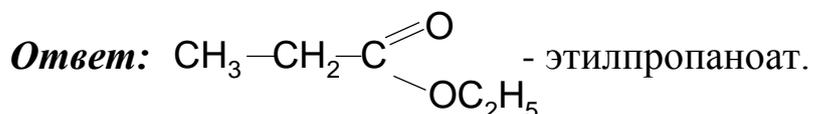
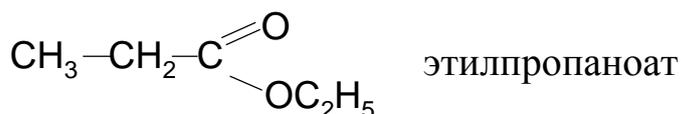
$$n_2(\text{NaOH}) = n_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) - n_1(\text{NaOH}) - n_3(\text{NaOH}) = 2,4 - 0,1 - 2,1 = 0,2 \text{ моль};$$

$$n_{\text{эф.}} = n_2(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ моль};$$

$$6) m_{\text{эф.}} = m_{\text{смеси}} - m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 29,8 - 9,4 = 20,4 \text{ г};$$

$$7) M_{\text{эф.}} = \frac{m_{\text{эф.}}}{n_{\text{эф.}}} = \frac{20,4}{0,2} = 102 \text{ г/моль};$$

8) составляем равенство, находим «n» и устанавливаем строение эфира:
 $14n + 74 = 102$, $n = 2$. Таким образом, исходный эфир:

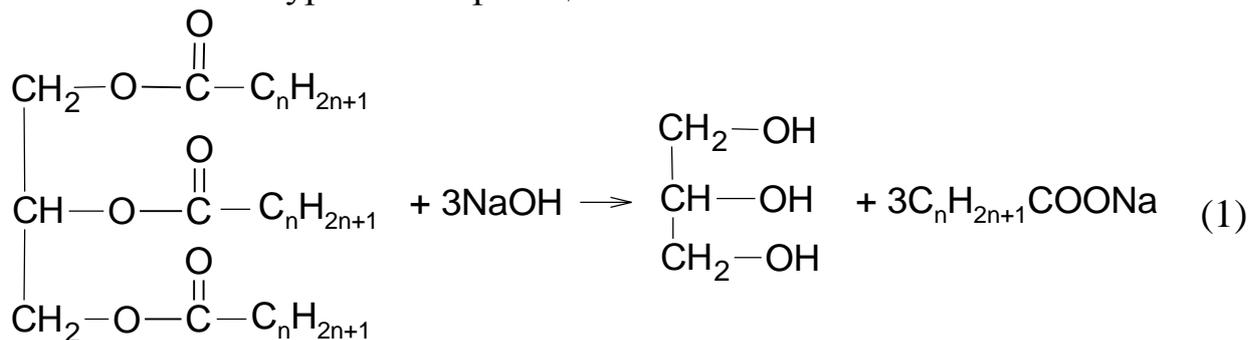


Задача № 2

Раствор, полученный после нагревания 40,3 г твердого жира, образованного только одной органической кислотой, с 70 мл 20%-ного раствора NaOH (пл. 1,2 г/мл), потребовал бы для нейтрализации избытка щелочи 22,9 мл 36,5%-ной соляной кислоты (пл. 1,18 г/мл). Какая кислота входила в состав жира? Какие вещества и в каком количестве получились при реакции со щелочью? (Реакцией щелочи с глицерином пренебречь).

Решение:

Составляем уравнения реакций:



Определяем:

1) общую массу и количество NaOH:

$$m_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) = \frac{\omega\% \cdot \rho \cdot V}{100\%} = \frac{20\% \cdot 1,2 \cdot 70}{100\%} = 16,8 \text{ г};$$

$$n_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) = \frac{m_{\text{общ.}}(\text{NaOH})}{M} = \frac{16,8}{40} = 0,42 \text{ моль};$$

2) массу, количество HCl и соответствующее ей по уравнению (2) количество NaOH:

$$m(\text{HCl}) = \frac{\omega\% \cdot \rho \cdot V}{100\%} = \frac{36,5\% \cdot 1,18 \cdot 22,9}{100\%} = 9,86 \text{ г};$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{9,86}{36,5} = 0,27 \text{ моль}; \quad n_2(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = 0,27 \text{ моль};$$

3) количество NaOH, затраченное на гидролиз жира, количество и молярную массу жира:

$$n_1(\text{NaOH}) = n_{\text{общ.}}(\text{NaOH}) - n_2(\text{NaOH}) = 0,42 - 0,27 = 0,15 \text{ моль};$$

$$n_{\text{жира}} = 1/3 n_1(\text{NaOH}) = 0,05 \text{ моль}; \quad M(\text{жира}) = \frac{m(\text{жира})}{\nu(\text{жира})} = \frac{40,3}{0,05} = 806 \text{ г/моль};$$

4) составляем равенство, находим «n» и определим формулу кислоты: $42n + 176 = 806$, $n = 15$. Таким образом, формула кислоты $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ - пальмитиновая кислота.

5) при гидролизе жира получается глицерин:

$n(\text{глицерин}) = n(\text{жира}) = 0,05$ моль

и пальмитат натрия:

$n(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}) = 3 n(\text{жира}) = 3 \cdot 0,05 = 0,15$ моль.

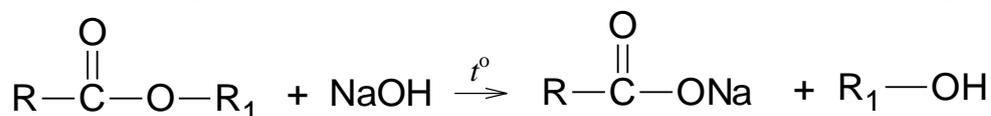
Ответ: 0,05 моль $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ и 0,15 моль $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$.

Задача № 3

Для полного гидролиза 1,76 г сложного эфира одноосновной карбоновой кислоты и одноатомного спирта необходимо 0,02 моль NaOH. Определите молекулярную массу эфира и его молекулярную формулу.

Решение:

1. Запишем уравнение щелочного гидролиза сложного эфира:



2. По уравнению $n(\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_2) = n(\text{NaOH})$; $n(\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_2) = 0,02$ моль.

3. Найдем молярную массу сложного эфира и определим x :

$$M(\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_2) = \frac{m(\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_2)}{n(\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_2)}; \quad M(\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_2) = \frac{1,76}{0,02} = 88 \text{ г/моль}$$

Составляем равенство: $12x + 2x + 32 = 88$; $x = 4$.

Следовательно, молекулярная формула сложного эфира $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$.

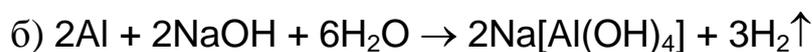
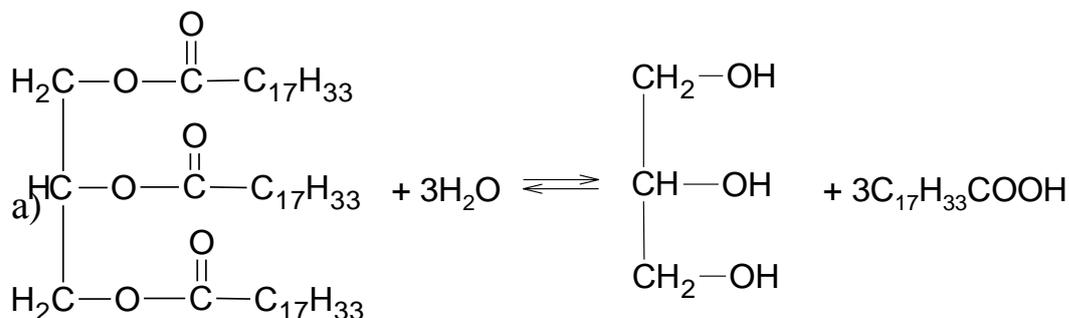
Ответ: $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$.

Задача № 4

Какая масса жира, представляющего собой триолеат глицерина, подверглась гидролизу, если на гидрирование полученной кислоты был затрачен водород, полученный при действии алюминия на 800 г раствора NaOH с массовой долей 30%? Расчет вести с учетом образования тетрагидроксоалюмината натрия.

Решение:

1. Запишем уравнения реакций:



2. Найдем количество вещества NaOH:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m_{p-pa} \cdot \omega(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})}; \quad n(\text{NaOH}) = \frac{800 \cdot 0,3}{40} = 6 \text{ моль.}$$

3. По уравнению (б) находим количество вещества водорода:

$$n(\text{H}_2) = \frac{n(\text{NaOH}) \cdot 3}{2}; \quad n(\text{H}_2) = \frac{3 \cdot 6}{2} = 9 \text{ моль.}$$

4. По уравнению (в) находим количество вещества олеиновой кислоты:

$$n(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = n(\text{H}_2); \quad n(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}) = 9 \text{ моль.}$$

5. По уравнению (а) находим количество вещества и массу жира:

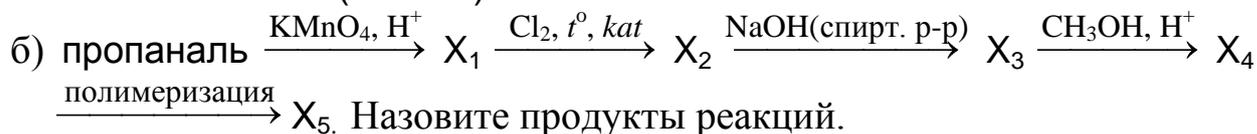
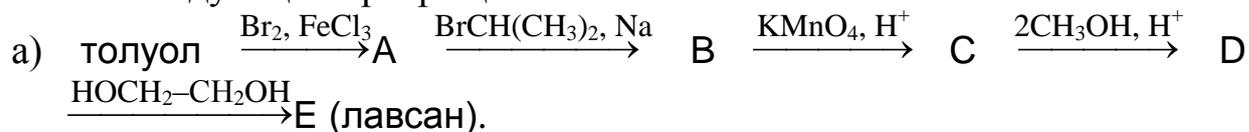
$$n(\text{жира}) = \frac{n(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH})}{3}; \quad n(\text{жира}) = \frac{9}{3} = 3 \text{ моль};$$

$$m(\text{жира}) = M(\text{жира}) \cdot n(\text{жира}); \quad m(\text{жира}) = 884 \cdot 3 = 2652 \text{ г.}$$

Ответ: 2652 г.

Задания для самостоятельного решения

1. Определите объем изоамилацетата ($\rho = 0,874 \text{ г/см}^3$), который можно получить из 115 кг карбида кальция, содержащего 3% примесей, и избытка изоамилового (изопентилового) спирта, если выход эфира составляет 75%. (*Ответ:* 194,4 л)
2. Сколько граммов стеарата натрия и гидрокарбоната кальция вступают в реакцию при образовании 0,25 моль стеарата кальция? Сталкиваетесь ли Вы с этой реакцией в обыденной жизни? (*Ответ:* 40,5 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; 153 г $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$)
3. Глицерин применяется в качестве основы для приготовления мазей и паст и как дегидратирующее (мочегонное) средство. Определите массу глицерина, который можно получить при гидролизе природного жира массой 2,225 кг, представляющего собой тристеарин и содержащего 2% примесей. (*Ответ:* 225,4 г)
4. Какую массу этилацетата можно получить из 110 г уксусного альдегида, если выход продуктов на всех стадиях 80%? Уксусный альдегид использовали в реакциях получения кислоты и спирта в мольном соотношении соответственно 1:1,5. (*Ответ:* 56,32 г)
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Дополнительные задания

1. Определите молекулярную формулу сложного эфира, если известно, что для полного гидролиза 13,2 г его потребовалось 25,5 мл раствора гидроксида калия с массовой долей 26,34% ($\rho = 1,25$ г/мл). Выведите и назовите все возможные изомеры этого класса. (*Ответ:* $C_4H_8O_2$)
2. При взаимодействии одноатомного спирта, содержащего 37,5% углерода и 50% кислорода, с одноосновной органической кислотой образуется вещество, плотность которого по аргону равна 2,15. Определите молекулярную и структурную формулы образующегося вещества. (*Ответ:* $C_4H_6O_2$).
3. Определите молекулярную формулу сложного эфира, если для ацетилирования 0,88 г одноатомного спирта затрачено 1,02 г уксусного ангидрида. Напишите структурные формулы трех его возможных изомеров. (*Ответ:* $C_7H_{14}O_2$)
4. Ацетилсалициловая кислота широко используется как жаропонижающее средство под названием аспирина. Какие массы салициловой кислоты (*o*-гидроксibenзойной кислоты) и уксусного ангидрида потребуются для получения 162 г аспирина с выходом 75%? Почему аспирин следует хранить в сухом месте? (*Ответ:* $m(C_7H_6O_3)=165,6$ г; $m(\text{ангидрида})=122,4$ г)
5. Какая масса воды образуется в организме человека при полном окислении месячной нормы потребляемых жиров массой 1,2 кг (в перерасчете на тристеарин)? Сколько энергии выделится, если при окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж? (*Ответ:* $m(H_2O)=1335$ г; $Q=46680$ кДж)
6. 1 л жесткой воды содержит 1,62 г гидрокарбоната кальция, 0,68 г сульфата кальция и 0,146 г гидрокарбоната магния. Сколько мыла (стеарата натрия) будет перерасходовано при использовании 50 л такой воды за счет ее жесткости? (*Ответ:* 4,896 кг)

Занятие 30

Тема: Углеводы. Классификация. Строение, химические свойства.

Учебно-целевые вопросы:

1. Углеводы. Их классификация.
2. Моносахариды. Их классификация.
3. Ациклические и циклические формы моносахаридов. Пиранозные и фуранозные циклы.
4. Строение рибозы, дезоксирибозы, галактозы, глюкозы, фруктозы.
5. Химические свойства глюкозы.

6. Дисахариды: сахароза, мальтоза, лактоза, целлобиоза. Строение. Химические свойства дисахаридов.
7. Качественная реакция на многоатомные спирты.
8. Крахмал, целлюлоза. Строение. Химические свойства.

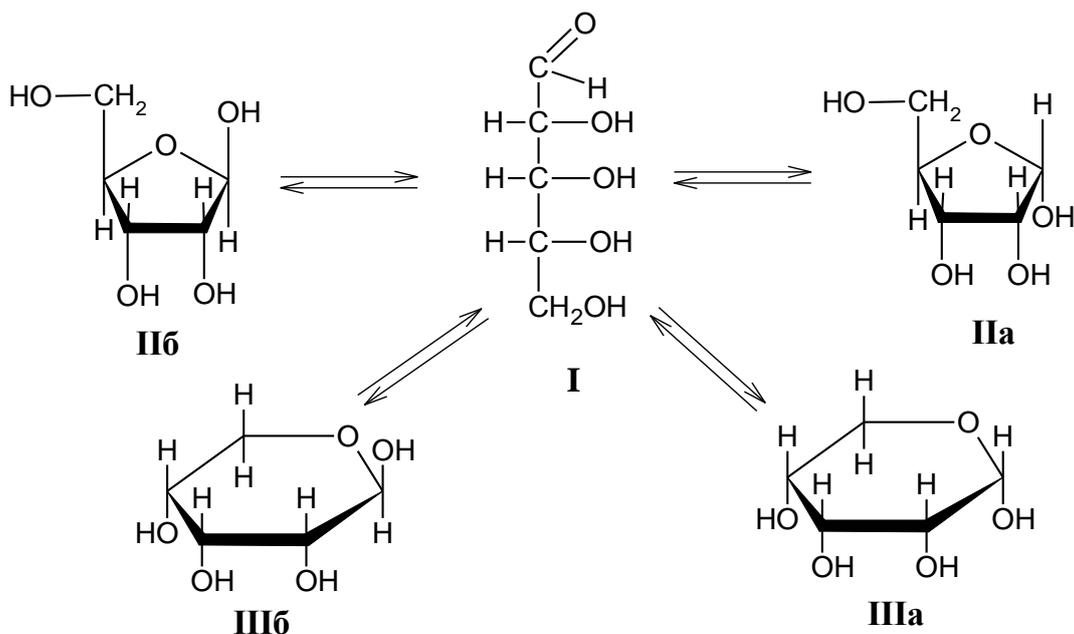
Обучающие задания:

Задача № 1

Напишите структурные формулы альдопентозы, а также ее пиранозных и фуранозных форм. Сколько изомерных форм может находиться в растворе?

Решение:

- 1) По названию – альдопентоза делаем вывод:
 - а) это углевод – окончание – оза;
 - б) имеется альдегидная группа (альдегид $\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{<H} \end{array}$);
 - в) число атомов углерода, соединенных с кислородом равно 5.
- 2) На основании этих данных можно записать ациклическую (карбонильную) структурную формулу (I).
- 3) Фуранозная форма образуется за счет внутримолекулярного взаимодействия гидроксильной группы у четвертого атома углерода с альдегидной группой; при этом образуется гетероцикл, в состав которого входят четыре атома углерода и кислород (фуран) (структурная формула II). Она находится в равновесии с ациклической формой (I).
- 4) Пиранозная форма образуется за счет внутримолекулярного взаимодействия гидроксильной группы у пятого атома углерода с альдегидной группой; при этом образуется гетероцикл, в состав которого входят пять атомов углерода и кислород (пиран) (структурная формула III). Она находится в равновесии так же с открытой формой (I).
- 5) Следует иметь в виду, что фуранозных форм – 2 (α , β), столько же пиранозных (соответственно II α , II β , III α , III β).
- 6) На основании вышеизложенного, запишем все изомерные формы альдопентозы:



Таким образом, в водном растворе находится в равновесии 5 таутомерных форм.

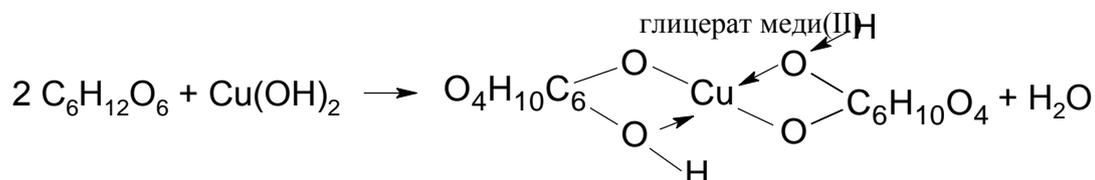
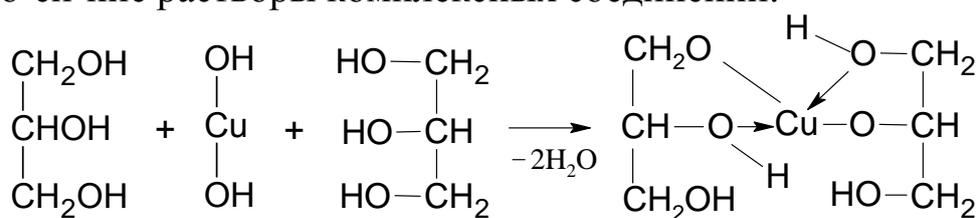
Ответ: 5 таутомерных форм

Задача № 2

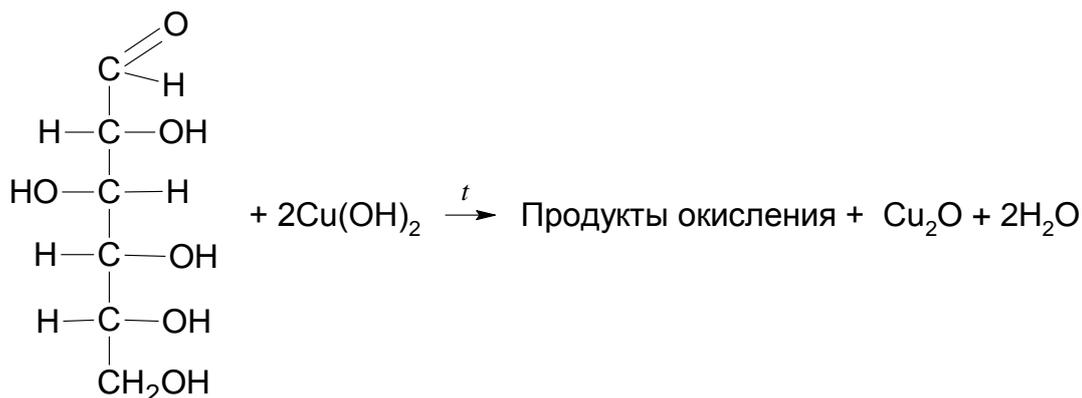
Как распознать при помощи одного реактива глицерин, уксусный альдегид, уксусную кислоту, глюкозу? Напишите уравнения реакций.

Решение:

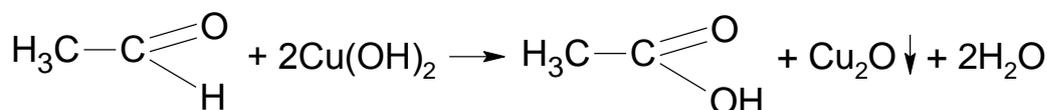
Общим реактивом является свежеосажденный гидроксид меди(II). Глицерин и глюкоза, как многоатомные спирты, образуют с $\text{Cu}(\text{OH})_2$, ярко-синие растворы комплексных соединений:



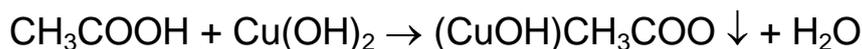
Однако, при нагревании глюкозы с $\text{Cu}(\text{OH})_2$ образуется красный осадок Cu_2O в отличие от глицерина:



Уксусный альдегид так же, как и глюкоза, восстанавливает при нагревании $\text{Cu}(\text{OH})_2$ до Cu_2O , но не образует с ним ярко-синего комплексного соединения:



Уксусная кислота не образует с $\text{Cu}(\text{OH})_2$ характерно окрашенного соединения:

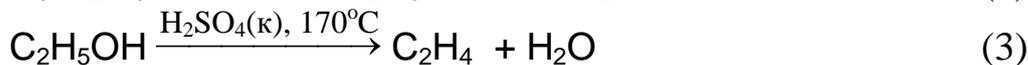
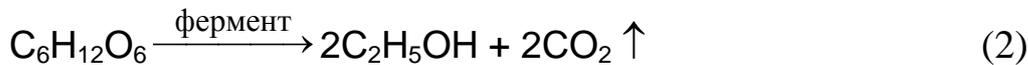
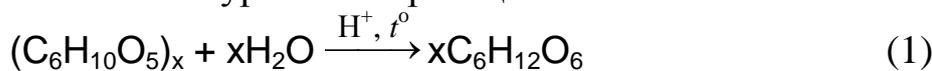


Задача № 3

Рассчитайте, сколько кг древесных опилок нужно взять, чтобы в результате ряда последовательных химических реакций получить 896 л этилена (н.у.). Известно, что в древесных опилках содержится 50% чистой целлюлозы.

Решение:

Составляем уравнения реакций:



Определяем:

$$1) \text{ количество этилена: } n(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_4)}{V_m} = \frac{896}{22,4} = 40 \text{ моль};$$

2) согласно уравнениям реакций (3) и (2): $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_2\text{H}_4) = 40$ моль;

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 1/2 n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 20 \text{ моль};$$

3) соотношение по уравнению реакции (1):

$$\frac{n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n} = \frac{x}{1}, \text{ отсюда } n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n = \frac{20}{x};$$

4) молярная масса целлюлозы:

$$M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x = x \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 162x \text{ г/моль, тогда}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n = n \cdot M = \frac{20}{x} \cdot 162x = 3240 \text{ г} = 3,24 \text{ кг};$$

$$5) \text{ масса опилок: } m_{(\text{опилки})} = \frac{m_{\text{целл.}} \cdot 100\%}{\omega\%} = \frac{3,24 \cdot 100\%}{50\%} = 6,48 \text{ кг}.$$

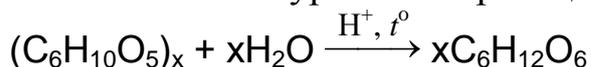
Ответ: 6,48 кг древесных опилок.

Задача № 4

Массовая доля крахмала в картофеле – 0,20. Какую массу глюкозы можно получить из картофеля массой 1620 кг, если выход продукта составляет 75% от теоретического?

Решение:

1. Записываем уравнение реакции гидролиза крахмала:



2. Находим массу и количество вещества крахмала в картофеле:

$$m(\text{крахмала}) = m(\text{картофеля}) \cdot \omega(\text{крахмала});$$

$$m(\text{крахмала}) = 1620 \cdot 0,20 = 324 \text{ кг};$$

$$n(\text{крахмала}) = \frac{m(\text{крахмала})}{M(\text{крахмала})}; \quad n(\text{крахмала}) = \frac{324}{162x} = \frac{2}{x} \text{ кмоль}.$$

3. Из уравнения реакции определяем количество и массу глюкозы:

$$\frac{n(\text{крахмала})}{n(\text{глюкозы})} = \frac{1}{x}; \quad n(\text{глюкозы}) = x \cdot n(\text{крахмала});$$

$$n(\text{глюкозы}) = x \cdot \frac{2}{x} = 2 \text{ кмоль};$$

$$m(\text{глюкозы}) = n(\text{глюкозы}) \cdot M(\text{глюкозы}); \quad m(\text{глюкозы})_{\text{теор.}} = 2 \cdot 180 = 360 \text{ кг}.$$

4. Учитывая выход продукта, находим массу глюкозы:

$$m(\text{глюкозы})_{\text{практ.}} = 360 \cdot 0,75 = 270 \text{ кг}$$

Ответ: 270 кг.

Задания для самостоятельного решения

1. Напишите структурные формулы β -D-фруктопиранозы и β -D-фруктофуранозы.
2. Сколько граммов бертолетовой соли надо подвергнуть разложению, чтобы полученного кислорода хватило для полного сгорания 18 г глюкозы? Напишите и уравняйте методом электронного баланса реакцию сгорания глюкозы. (*Ответ:* 49 г)

3. Рассчитайте массу сахарозы, которая при гидролизе образует столько глюкозы, из которой при брожении получается молочная кислота массой 0,045 кг. (*Ответ:* 85,5 г)
4. При гидролизе 324 г крахмала получили глюкозу с выходом 80%, которую подвергли спиртовому брожению. В результате получили 600 г водного раствора спирта. Вычислите массовую долю этанола в этом растворе, учитывая, что выход этанола в реакции брожения составил 75% от теоретического. (*Ответ:* 18,4%)
5. Сколько граммов сахарозы нужно подвергнуть гидролизу, чтобы из образовавшейся при этом глюкозы получить 27 г молочной кислоты, если молочнокислое брожение протекает с выходом 50%? (*Ответ:* 102,6 г)
6. В результате спиртового брожения виноградного сахара, содержащего 20% несахаристых примесей, выделилось 138 г спирта. Какая масса виноградного сахара подверглась брожению? Какой объем (н.у.) углекислого газа выделился при этом? (*Ответ:* 337,5 г; 67,2 л)

Дополнительные задания

1. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений и назовите полученные вещества:

$$\text{глюкоза} \xrightarrow{\text{брожение}} X_1 \xrightarrow{\text{HBr}} X_2 \xrightarrow{\text{NaOH(изб.), C}_2\text{H}_5\text{OH}} X_3 \xrightarrow{\text{HBr(изб.)}} X_4 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$$
2. Сколько граммов глюкозы было подвергнуто спиртовому брожению, протекающему с выходом 80%, если для нейтрализации образовавшегося при этом газа потребовалось 65,57 мл 20%-ного раствора NaOH (пл. 1,22 г/мл)? Сколько граммов гидрокарбоната натрия при этом образовалось? (*Ответ:* 45 г; 33,6 г)
3. Рассчитайте, сколько металлического серебра можно получить при взаимодействии 18 г глюкозы с аммиачным раствором оксида серебра(I), если выход продукта составляет 75%. Какой объем газа (н.у.) выделится при спиртовом брожении такого же количества глюкозы, если процесс протекает с выходом 75%? (*Ответ:* 16,2 г; 3,36 л)
4. Сколько граммов глюкозы потребуется для получения 11,2 л этилена (н.у.) путем двух последовательных процессов? Выход этилена составляет 50%. (*Ответ:* 90 г)
5. Вычислите, какой объем углекислого газа (при температуре 17°C и давлении 720 мм рт. ст.) образуется при сжигании 85,5 г сахарозы. (*Ответ:* 75,3 л)
6. Каким способом древесные отходы (стружки, опилки) можно использовать для получения бутадиенового каучука. Напишите уравнения соответствующих реакций и вычислите, какую массу каучука можно получить из 1 тонны древесины, содержащей 50% чистой целлюлозы. (*Ответ:* 166,7 кг)

Занятие 31

Тема: Нитросоединения. Амины. Аминокислоты. Белки.

Учебно-целевые вопросы:

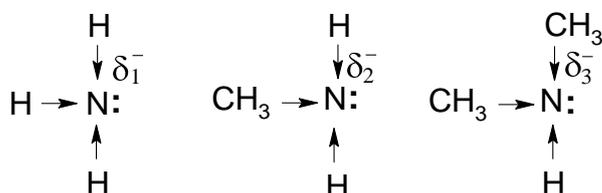
1. Нитросоединения. Классификация. Номенклатура.
2. Строение нитробензола. Химические свойства.
3. Амины. Классификация. Номенклатура. Изомерия.
4. Химические свойства аминов предельного ряда.
5. Анилин, строение. Физические и химические свойства.
6. Аминокислоты. Классификация. Изомерия, номенклатура аминокислот.
7. Физические и химические свойства аминокислот.
8. Белки. Строение белковых молекул: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белков.
9. Химические свойства белков. Биологическая роль белков.

Обучающие задания:

Задача № 1

1. Сопоставьте с точки зрения электронного строения основность аммиака, метиламина, диметиламина.

Решение:



Основные свойства аминов тем сильнее, чем выше электронная плотность на атоме азота, так как при этом возрастает его способность к образованию донорно-акцепторной связи с протоном. Т.к. $|+I_{\text{H}}| < |+I_{\text{CH}_3}|$, то в предложенном ряду аминов происходит увеличение избыточного отрицательного заряда на атоме азота и, следовательно, увеличение основности аминов.

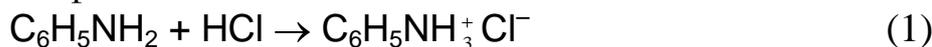
Задача № 2

Смесь толуола, фенола и анилина массой 12 г обработали избытком 0,1М раствора соляной кислоты, при этом масса органического слоя уменьшилась на 3,7 г. При обработке высушенного органического слоя металлическим натрием выделилось 537 мл газа (при температуре 30°C и давлении 95 кПа). Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

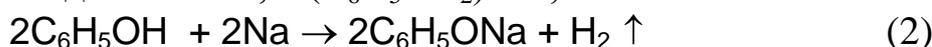
Решение:

Составляем уравнения реакций:

с HCl взаимодействует только анилин, а с металлическим натрием – только фенол



следовательно, $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 3,7 \text{ г}$



Определяем:

1) объем выделившегося H_2 при н.у.:

$$\frac{\rho \cdot V}{T} = \frac{\rho_0 \cdot V_0}{T_0}, \text{ отсюда } V_0 = \frac{\rho \cdot V \cdot T_0}{\rho_0 T} = \frac{95 \cdot 0,537 \cdot 273}{101,3 \cdot 303} = 0,454 \text{ л};$$

$$2) n(\text{H}_2) = \frac{V_0}{V_m} = \frac{0,454}{22,4} = 0,02 \text{ моль};$$

3) согласно уравнению реакции (2): $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 2n(\text{H}_2) = 0,04 \text{ моль};$
 $m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n \cdot M = 0,04 \cdot 94 = 3,76 \text{ г};$

$$4) \omega\%(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}{m_{\text{см.}}} \cdot 100\% = \frac{3,76}{12} \cdot 100\% = 31,33\% ;$$

$$5) \omega\%(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2)}{m_{\text{см.}}} \cdot 100\% = \frac{3,7}{12} \cdot 100\% = 30,83\% ;$$

$$6) \omega\%(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) = 100 - 31,33 - 30,83 = 37,84\% .$$

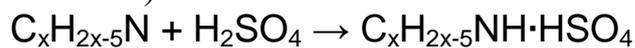
Ответ: 31,33% $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$; 30,83% $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$; 37,84% $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$

Задача № 3

Массовая доля серы в составе соли, образованной ароматическим первичным амином с избытком серной кислоты равна 15,60%. Определите молекулярную формулу амина. Приведите структурные формулы его возможных изомеров, дайте названия.

Решение:

1. Выведем общую формулу ароматических аминов и запишем уравнение реакции образования кислой соли (в условии задачи отмечен избыток кислоты):



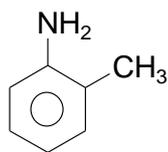
2. Определим относительную молекулярную массу соли:

$$M_r = \frac{Ar(S) \cdot n(S)}{\omega(S)}; M_r(\text{C}_x\text{H}_{2x-5}\text{NH} \cdot \text{HSO}_4) = \frac{32 \cdot 1}{0,156} = 205.$$

3. Составим равенство и найдем x :

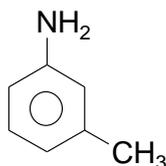
$$14x - 5 + 112 = 205; \quad x = 7; \text{ следовательно, формула амина } \text{C}_7\text{H}_9\text{N}.$$

4. Напишем структурные формулы изомеров:



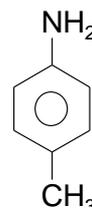
o-толуидин

(1-амино-2-метилбензол)



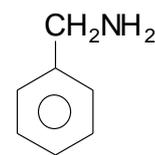
m-толуидин

(1-амино-3-метилбензол)



p-толуидин

(1-амино-4-метилбензол)

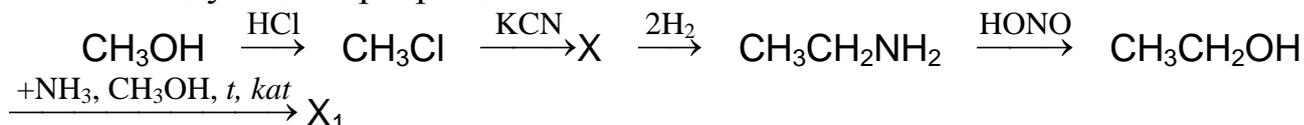


бензиламин

Ответ: C_7H_9N ; 4 первичных амина.

Задача № 4

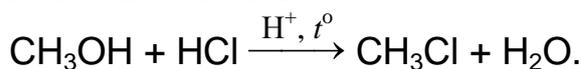
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



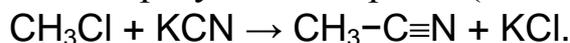
Назовите продукт X_1 .

Решение:

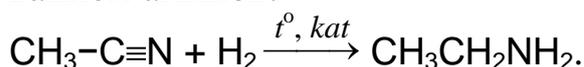
1. Спирты реагируют с галогеноводородными кислотами с образованием галогеноалканов:



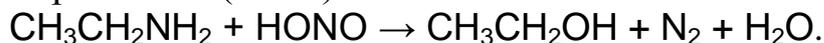
2. Хлорметан вступает в реакцию нуклеофильного замещения с KCN, при этом образуются нитрилы (ацетонитрил):



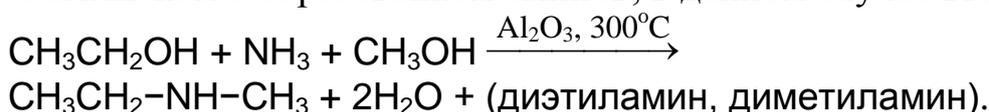
3. Ацетонитрил присоединяет 2 моль водорода по тройной связи с образованием аминов:



4. Первичные амины, в отличие от вторичных и третичных реагируют с азотистой кислотой с образованием спиртов, при этом выделяются пузырьки газа (азота):



5. Спирты при нагревании в присутствии катализаторов (Al_2O_3) реагируют с аммиаком с образованием аминов; в данном случае вторичного:



Ответ: метилэтиламин

Задача № 5

Определите молярную массу и возможное строение предельного сложного эфира моноаминомонокарбоновой кислоты, если известно, что

он содержит 13,6% азота. Сколько изомерных сложных эфиров могут соответствовать найденной молярной массе?

Решение:

- Для решения этой задачи необходимо вывести общую формулу сложного эфира моноаминомонокрбонной кислоты. Для этого можно воспользоваться общей формулой сложных эфиров ($C_nH_{2n}O_2$), заменить один атом водорода на группу NH_2 ; тогда общая формула $C_nH_{2n-1}(NH_2)O_2$.
- По массовой доле азота рассчитываем относительную молекулярную массу эфира, составляем равенство и определяем n :

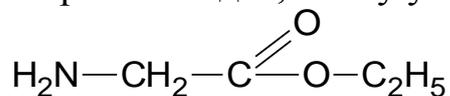
$$Mr(C_nH_{2n-1}(NH_2)O_2) = \frac{Ar(N) \cdot n}{\omega(N)}; \quad Mr(C_nH_{2n-1}(NH_2)O_2) = \frac{14 \cdot 1}{0,136} = 103;$$

$$M=103 \text{ г/моль}; \quad 14n - 1 + 16 + 32 = 103; \quad n = 4.$$

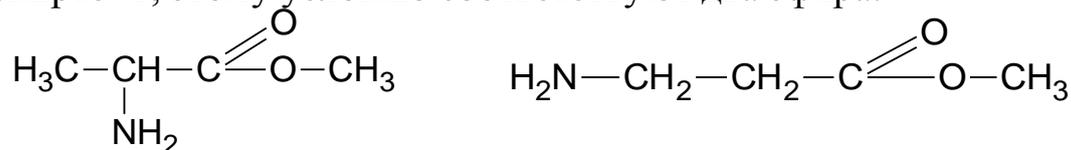
Общая формула $C_4H_7(NH_2)O_2$.

- Напишем возможные структурные формулы эфира, при этом учитываем, что общее число атомов углерода, содержащееся в остатке кислоты и спирта равно четырем; в этом случае возможны следующие варианты:

а) число атомов углерода в остатке аминокислоты – 2, тогда в спирте тоже два, этому условию соответствует эфир:



б) число атомов углерода в остатке аминокислоты – 3, тогда в спирте -1, этому условию соответствуют два эфира:



Ответ: 3 изомера

Задача № 6

Напишите уравнения взаимодействия аланина с: 1) гидроксидом натрия; 2) гидроксидом аммония; 3) соляной кислотой. За счет каких групп внутренняя соль проявляет кислотные и основные свойства?

Решение:

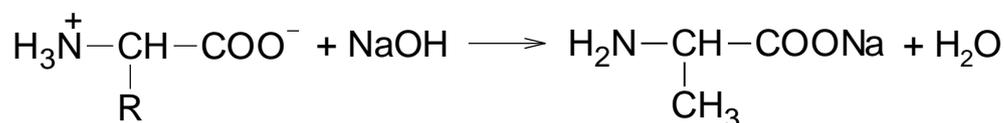
- Аминокислоты часто изображают как соединения, содержащие амино- и карбоксильную группы, однако с такой структурой не согласуются некоторые физические и химические свойства. Строение аминокислот соответствует биполярному иону: $H_3\overset{+}{N}-\underset{\underset{R}{|}}{CH}-COO^-$

2. Для выполнения предложенного задания запишем формулу аланина как

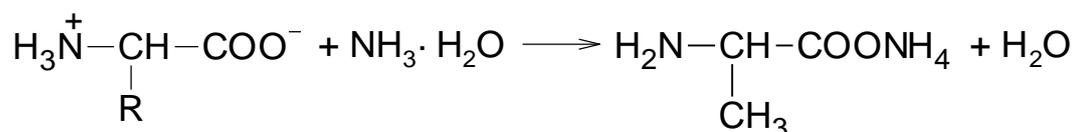
внутреннюю соль: $\text{H}_3\text{N}^+-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{COO}^-$, исходя из этой структурной формулы

напишем соответствующие уравнения реакций:

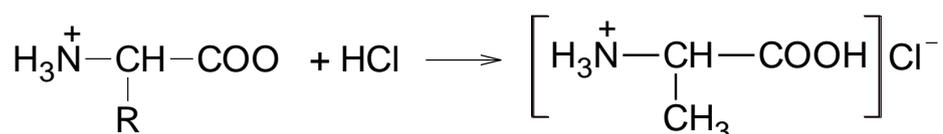
а) с NaOH:



б) с $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$:



в) с HCl:



Внутренняя соль аминокислоты реагирует с основанием как кислота, с кислотами как основание. Кислотной группой является NH_3^+ , основной группой является $-\text{COO}^-$.

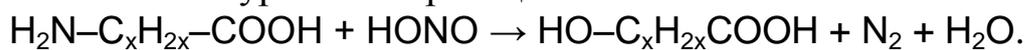
Ответ: NH_3^+ – кислотная группа; $-\text{COO}^-$ – основная группа.

Задача № 7

При действии на раствор 9,36 г неизвестной моноаминомонокарбоновой кислоты избытка азотистой кислоты было получено 2,01 л азота при 748 мм рт. ст. и 20°C. Определите молекулярную формулу этого соединения. Может ли эта кислота быть одной из природных аминокислот, если да, то какой? В состав этой кислоты не входит ароматическое кольцо.

Решение:

1. Запишем уравнение реакции:

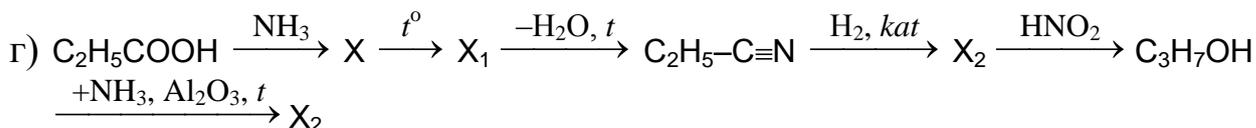
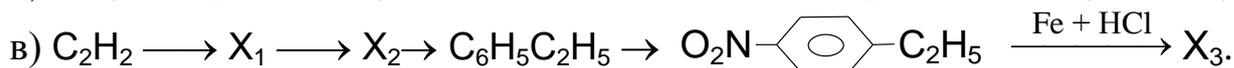
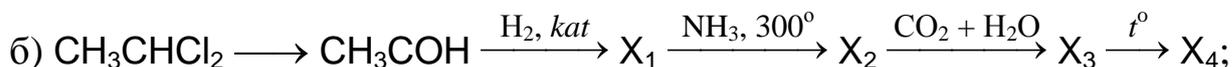
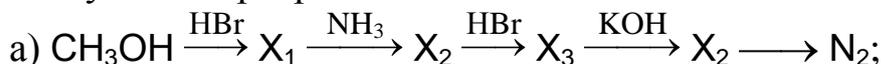


2. Находим количество вещества азота при н.у., применяя формулу Менделеева-Клапейрона. Для этого температуру и давление переводим в единицы СИ:

$$T = 273 + 20 = 293\text{K}; \quad p = \frac{101,3 \cdot 748}{760} = 99,7;$$

лоту (глицин). Сколько граммов глицина можно получить из 92 г этанола? Какой объем аммиака (н.у.) будет использован для получения аминокислоты? (Ответ: 15 г; 89,6 л)

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



5. Содержание белка в организме человека составляет 17% от массы его тела. Азота в белке содержится 16%. Определите массу азота в организме человека, масса которого равна 70 кг. (Ответ: 1,9 кг)
6. При полном гидролизе 14,6 г природного дипептида 12%-ным раствором гидроксида натрия (пл. 1,2 г/мл) из раствора выделено 11,1 г соли, массовая доля натрия в которой 20,72%. Установите возможную структурную формулу исходного дипептида и вычислите объем щелочи, израсходованный на гидролиз. (Ответ: аланилглицин или глицилаланин)

Дополнительные задания

1. При сгорании 0,31 г газообразного органического вещества выделилось 0,224 л углекислого газа, 0,45 г воды и 0,112 л азота. Плотность вещества 1,384 г/л. Установите молекулярную формулу этого соединения и назовите его. С какими из перечисленных ниже веществ оно будет вступать в реакцию: а) $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$; б) NH_3 ; в) H_2SO_4 ; г) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; д) KOH ; е) H_2O . Напишите соответствующие уравнения реакций. (Ответ: CH_3NH_2)
2. Из уксусной кислоты двухстадийным синтезом получили 30 г аминокислоты. На нейтрализацию избытка уксусной кислоты, после отделения ее от продуктов реакции потребовалось 25 мл 19%-ного раствора едкого кали (пл. 1,18 г/см³). Какая масса уксусной кислоты была взята, если выход продукта реакции на каждой стадии синтеза составлял 80%? (Ответ: 43,5 г)
3. При действии на лизин массой 21,9 г избытка азотистой кислоты, а затем на образовавшееся органическое соединение уксусного ангидрида было получено вещество с массовой долей кислорода 41,38%. Определите строение полученного соединения, его массу (выход 80%), а

также объем выделившегося азота (н.у.). Дайте название. (*Ответ:* 27,84 г; 6,72 л)

4. Массовая доля азота в белках составляет примерно 16%. Ежедневно в организме человека распадается 100 г белка. Какая масса аммиака может образоваться при распаде белка в организме за 30 суток? (*Ответ:* 582,8 г)
5. Приведите формулу фрагмента молекулы белка, в состав которого входят остатки аминокислот в такой последовательности: аланин – фенилаланин – глутаминовая кислота; глицин – аланин – цистеин; серин – тирозин – цистеин.

Занятие 32

Тема: ВМС. Пластмассы. Волокна.

Учебно-целевые вопросы:

1. Понятие о высокомолекулярных веществах (ВМС).
2. Понятия мономер, олигомер и полимер.
3. Полимеризация и поликонденсация.
4. Классификация ВМС.
5. Пластмассы, эластомеры.
6. Волокна.

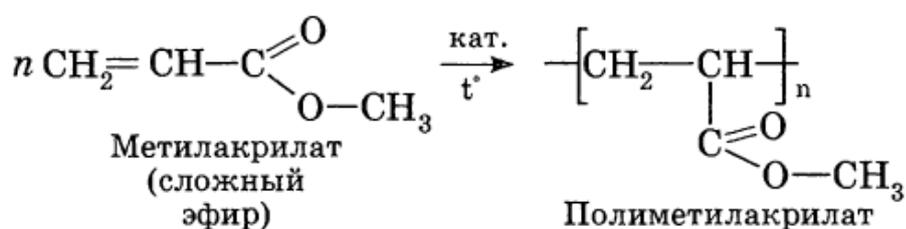
Обучающие задания:

Задача № 1

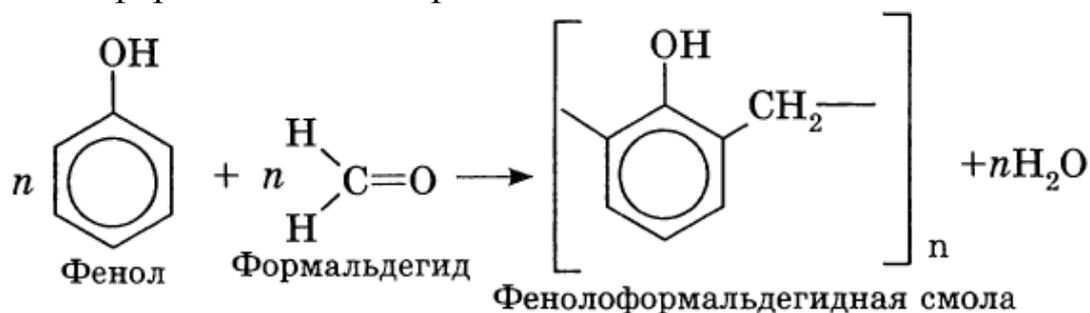
Напишите уравнения реакций образования полиметилакрилата, фенолформальдегидной смолы и бутадиенстирольного каучука из соответствующих мономеров. Укажите какой это тип реакции.

Решение:

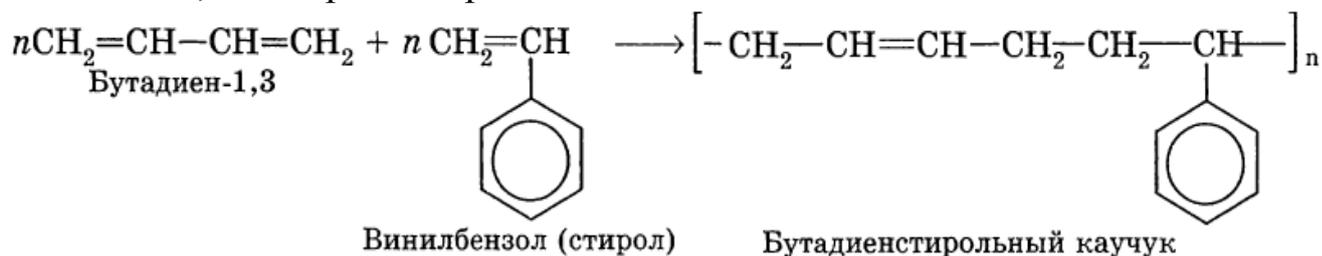
- 1) Полиметилакрилат образуется при **полимеризации** метилакрилата по следующему уравнению реакции :



- 2) Фенолформальдегидная смола образуется при **поликонденсации** фенола и формальдегида по реакции:



- 3) Бутадиенстирольный каучук образуется при **сополимеризации** бутадиена-1,3 и стирола по реакции:

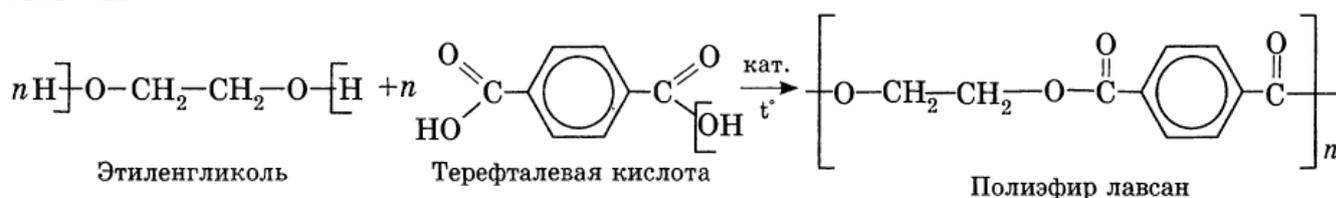


Задача № 2

Напишите уравнения реакций сополимеризации этиленгликоля с терефталевой кислотой. Как называется полученное соединение?

Решение:

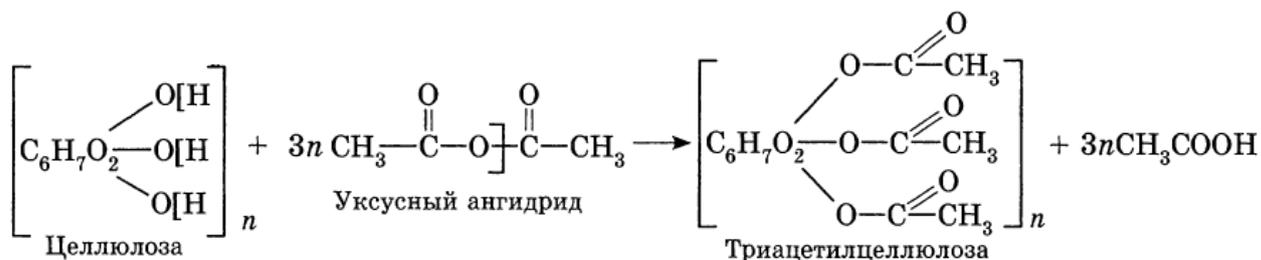
При сополимеризации этиленгликоля с терефталевой кислотой образуется Лавсан.



Задача № 3

Напишите уравнения реакций получения искусственного ацетатного волокна из целлюлозы и уксусного ангидрида.

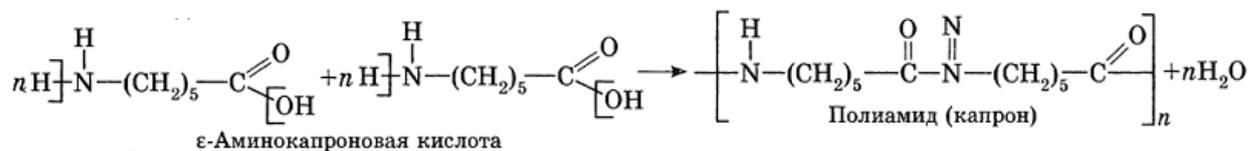
Решение:



Задача № 4

Напишите уравнения реакций получения капрона. Из какого мономера его получают? Какой это тип реакции?

Решение:



Задания для самостоятельного решения

1. Определите среднюю степень полимеризации в образце природного каучука, средняя молярная масса которого равна 200000 г/моль. Изобразите структуру мономерного звена. (Ответ: 2940)
2. 28,2 г. фенола нагрели с избытком формальдегида в присутствии кислоты. При этом образовалось 5,116 г. воды. Определите среднюю молярную массу продукта реакции, считая, что поликонденсация протекает только линейно и фенол полностью вступает в реакцию. (Ответ: 2002 г/моль)
3. При крекинге предельного углеводорода образовалась смесь трех газов, плотность которой в 1,5 раза меньше плотности исходного углеводорода. С каким выходом прошел крекинг? (Ответ: 50%)

Дополнительные задания

1. Какую массу каучука можно получить из 100 кг. 96%-ного этанола, если выход реакции Лебедева составляет 60%, а реакции полимеризации – 80%?
2. Определите среднюю степень полимеризации в образце бутадиенового каучука, средняя молярная масса которого равна 100000 г/моль. Изобразите структуру мономерного звена.
3. При крекинге предельного углеводорода образовалась смесь трех газов, плотность которой в 1,7 раза меньше плотности исходного углеводорода. С каким выходом прошел крекинг?
4. К 1,12 л. бесцветного газа (н.у.), полученного из карбида кальция, присоединили хлороводород, образовавшийся при действии концентрированной серной кислоты на 2,93 г. поваренной соли. Продукт присоединения хлороводорода полимеризовался с образованием 2,2 г. полимера. Какой полимер был получен? Каков выход превращения мономера в полимер?

Занятие 33

Вариант итоговой контрольной работы в формате ЕГЭ.

Задание 1

Определите, атомы каких из указанных элементов имеют один валентный электрон.

- 1) H
- 2) Li
- 3) F
- 4) Al
- 5) N

Задание 2

Из указанных в ряду химических элементов выберите три элемента, которые в Периодической системе находятся в одном периоде, и расположите эти элементы в порядке увеличения электроотрицательности.

- 1) Li
- 2) F
- 3) N
- 4) P
- 5) Cl

Задание 3

Из числа указанных в ряду элементов выберите два элемента, которые проявляют высшую степень окисления, равную +5.

- 1) Bi
- 2) Li
- 3) Sb
- 4) Na
- 5) F

Задание 4

Из предложенного перечня выберите два вещества с ковалентной полярной связью.

- 1) O₂
- 2) CO₂
- 3) NaBr
- 4) NH₃
- 5) MgCl₂

Задание 5

Установите соответствие между формулой вещества и классом неорганических соединений, к которому оно принадлежит.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

КЛАСС СОЕДИНЕНИЙ

А) P₂O₅

1) кислота

Б) BaO

2) основной оксид

В) (NH₄)₂S

3) кислотный оксид

4) средняя соль

Задание 6

Из предложенного перечня выберите две пары веществ, с каждым из которых взаимодействует оксид алюминия.

- 1) NO и CO₂
- 2) Cu(OH)₂ и CuO
- 3) Na₂O и NaOH
- 4) KCl и HCl
- 5) H₂SO₄ и K₂O

Задание 7

Через раствор вещества X пропустили газ Y. В результате реакции образовался осадок тёмного цвета.

Из предложенного перечня выберите вещества X и Y, которые могут вступать в описанную реакцию.

- 1) H₂SO₄
- 2) H₂S
- 3) CO₂
- 4) Pb(NO₃)₂
- 5) NaOH

Задание 8

Установите соответствие между исходными веществами и продуктами, которые преимущественно образуются в ходе реакции: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ

- А) Na₂SiO₃ + CO₂ + H₂O →
 Б) Na₂CO₃ + HCl →
 В) ZnCl₂ + Na₂CO₃ + H₂O →
 Г) ZnCl₂ + KOH →

- 1) Zn(OH)₂ + KCl
- 2) Zn(OH)₂ + NaCl + CO₂
- 3) SiO₂ + NaHCO₃
- 4) NaCl + H₂O + CO₂
- 5) H₂SiO₃ + Na₂CO₃
- 6) NaCl + SiO₂ + H₂O

Задание 9

Установите соответствие между формулой вещества и реагентами, с каждым из которых это вещество может взаимодействовать: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

РЕАГЕНТЫ

- А) Fe
 Б) KI
 В) HCl
 Г) CO₂

- 1) NaOH, C, Mg
- 2) Br₂, CuCl₂, AgNO₃
- 3) AgNO₃, KOH, MnO₂
- 4) H₂, CuSO₄, HCl
- 5) N₂, Na₂O, Ba(OH)₂

Задание 10

Задана следующая схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y.

- 1) Mg
- 2) CaO
- 3) H₂O
- 4) HCl
- 5) NH₃

Задание 11

Установите соответствие между формулой органического соединения и его названием: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА СОЕДИНЕНИЯ	НАЗВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ
А) C ₂ H ₅ -OH	1) дивинил
Б) CH ₂ (OH)-CH(OH)-CH ₂ (OH)	2) этанол
В) CH ₂ =C(CH ₃)-CH=CH ₂	3) изопрен
	4) глицерин

Задание 12

Из предложенного перечня выберите два вещества, которые не имеют структурных изомеров.

- 1) бутан
- 2) пропан
- 3) 2-метилпентан
- 4) метан
- 5) циклогексан

Задание 13

Из предложенного перечня выберите два вещества, с которыми реагирует бутин-1, в отличие от бутена-1.

- 1) калий
- 2) водород
- 3) бром
- 4) аммиачный раствор оксида меди (I)
- 5) кислород

Задание 14

Из предложенного перечня выберите два вещества, из которых в лаборатории можно получить пропаналь в одну стадию.

- 1) CH₃C≡CH
- 2) CH₃CH=CH₂
- 3) CH₃-C(O)-CH₃
- 4) CH₃CH₂CH₂OH
- 5) CH₃CH₂CHCl₂

Задание 15

Из предложенного перечня выберите два вещества, с которыми взаимодействует метиламин.

- 1) H₂O

- 2) NaCl
- 3) C₂H₂
- 4) NaOH
- 5) HCl

Задание 16

Установите соответствие между реагирующими веществами и органическим продуктом, который преимущественно образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) бутен-1 и вода	1) пропанон
Б) пропин и водород (изб.)	2) пропан
В) пропин и вода	3) бутанол-1
Г) циклопропан и бром	4) бутанол-2
	5) 1,2-дибромпропан
	6) 1,3-дибромпропан

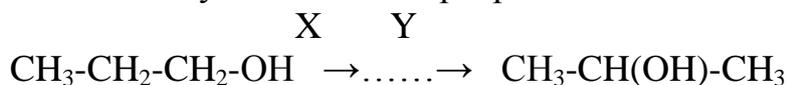
Задание 17

Установите соответствие между реагирующими веществами и углеродосодержащим продуктом, который образуется при взаимодействии этих веществ: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

РЕАГИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) этанол и натрий	1) этилнатрий
Б) этанол и бромоводород	2) этилат натрия
В) этан и бром	3) бромэтан
Г) этанол и метанол	4) бромэтен
	5) метилэтанол
	6) метилэтиловый эфир

Задание 18

Задана следующая схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y.

- 1) CuO
- 2) HBr
- 3) KOH
- 4) H₂O
- 5) H₂SO₄

Задание 19

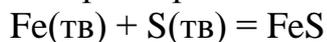
Из предложенного перечня выберите два вещества, с которыми оксид цинка вступает в реакцию соединения.

- 1) SO₃
- 2) HCl

- 3) NaOH
- 4) K₂O
- 5) Al

Задание 20

Из предложенного перечня внешних воздействий выберите два воздействия, которые приводят к увеличению скорости реакции



- 1) измельчение Fe
- 2) понижение давления
- 3) понижение температуры
- 4) повышение давления
- 5) повышение температуры

Задание 21

Установите соответствие между схемой окислительно-восстановительной реакции и свойством, которое элемент хлор проявляет в этой реакции: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

СХЕМА РЕАКЦИИ

- А) $\text{Cl}_2 + \text{F}_2 \rightarrow \text{ClF}_5$
- Б) $\text{P} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{PCl}_5$
- В) $\text{HClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- Г) $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

СВОЙСТВО ХЛОРА

- 1) повышает степень окисления
- 2) понижает степень окисления
- 3) одновременно и повышает, и понижает степень окисления
- 4) не изменяет степень окисления

Задание 22

Установите соответствие между формулой вещества и продуктами, образующимися на катоде при электролизе его водного раствора: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА

- А) CuSO₄
- Б) NaNO₃
- В) KI
- Г) AgNO₃

ПРОДУКТ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА КАТОДЕ

- 1) медь
- 2) натрий
- 3) калий
- 4) водород
- 5) серебро
- 6) иод

Задание 23

Установите соответствие между названием соли и её отношением к гидролизу: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ СОЛИ

ОТНОШЕНИЕ К ГИДРОЛИЗУ

- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| А) хлорид калия | 1) гидролиз по катиону |
| Б) карбонат калия | 2) гидролиз по аниону |
| В) сульфид аммония | 3) гидролизу не подвергается |
| Г) хлорид цинка | 4) гидролиз по катиону и аниону |

Задание 24

Установите соответствие между уравнением химической реакции и направлением смещения химического равновесия при увеличении давления в системе: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ	НАПРАВЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ
А) $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г}) \leftrightarrow \text{SO}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$	1) в сторону продуктов реакции
Б) $2\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$	2) в сторону исходных веществ
В) $2\text{HCl}(\text{г}) \leftrightarrow \text{H}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г})$	3) практически не смещается
Г) $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{г})$	

Задание 25

Установите соответствие между формулами газов и реагентом, с помощью которого их можно различить.

ФОРМУЛЫ ГАЗОВ	РЕАГЕНТ
А) CO_2 , HCl	1) фенолфталеин
Б) PH_3 , NH_3	2) KI (p-p)
В) O_3 , O_2	3) $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Г) H_2S , H_2	4) Br_2 (водн.)
	5) NaCl

Задание 26

Установите соответствие между процессом и его названием: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ПРОЦЕСС	НАЗВАНИЕ
А) получение полимеров из мономеров	1) горение
Б) замещение водорода на галоген	2) радикальное галогенирование
В) реакция образования сложных эфиров при взаимодействии кислот и спиртов	3) гидрирование
Г) присоединение водорода к непредельным соединениям с получением предельных соединений	4) этерификация
	5) полимеризация

Задание 27

Вычислите массу едкого натра, который следует растворить в 300 г 5 %-ного раствора для получения 10 %-ного раствора NaOH . Ответ укажите в граммах с точностью до десятых.

Задание 28

Вычислите объём водорода, который можно получить при разложении 250 л метана, если объёмная доля выхода водорода равна 60 %.

Объемы газов измерены при одинаковых условиях. Ответ укажите в литрах с точностью до целых.

Задание 29

При разложении перманганата калия образовалось 8,96 л кислорода (измерено при н. у.). Вычислите массу перманганата, который вступил в реакцию. Ответ дайте в граммах с точностью до десятых.

Задание 30

Для выполнения задания используйте следующий перечень веществ: гидроксид калия, силикат калия, хромат калия, гидроксид лития, нитрит натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция, и запишите уравнение этой реакции. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель.

Задание 31

Для выполнения задания используйте следующий перечень веществ: гидроксид калия, силикат калия, хромат калия, гидроксид лития, нитрит натрия. Допустимо использование водных растворов веществ.

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна реакция ионного обмена. Запишите молекулярное, полное и сокращённое ионное уравнения этой реакции.

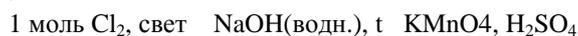
Задание 32

Иод при нагревании обработали хлорноватой кислотой. Продукт реакции осторожно нагрели. Образовавшийся оксид провзаимодействовал с угарным газом. Образовавшееся при этом простое вещество растворили в тёплом щелочном растворе сульфита калия.

Запишите уравнения описанных реакций.

Задание 33

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Задание 34

При разложении образца нитрата магния выделилась смесь газов объемом 10,08 л (в пересчете на н. у.). Масса остатка составила 69,36 г. После этого остаток поместили в 100 мл воды и добавили к нему 240 г 20%-ного раствора гидроксида натрия. Определите массовую долю гидроксида натрия в образовавшемся растворе. В ответе напишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления.

Задание 35

При полном сгорании углеводорода образовалось 27 г воды и 33,6 л CO_2 (н. у.) углекислого газа. Относительная плотность углеводорода по аргону равна 1,05. Установите его молекулярную формулу.