

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада ОРМО
с международным участием 2024-2025 гг.

ХИМИЯ
11 класс
Заключительный этап

11-1

Элемент X образует четыре крайне неустойчивых оксида, все они не могут быть получены прямым взаимодействием простых веществ. Оксид А – газ желто-коричневого цвета; оксид В – газ желтого цвета, оксид С – маслообразная красная жидкость, оксид D – маслянистая бесцветная жидкость. Соотношение элементов в оксидах подчиняется закону кратных отношений: на 4,44 г элемента приходится 1; 4; 6; 7 г кислорода соответственно.

Оксиды А и D являются ангидридами кислородсодержащих кислот (Е и F) элемента X, которые могут быть получены при их растворении в воде. При взаимодействии с водой оксид В образует смесь двух кислородсодержащих кислот Н и I элемента X. Оксид С также при взаимодействии с водой дает две кислородсодержащие кислоты элемента X – I и F.

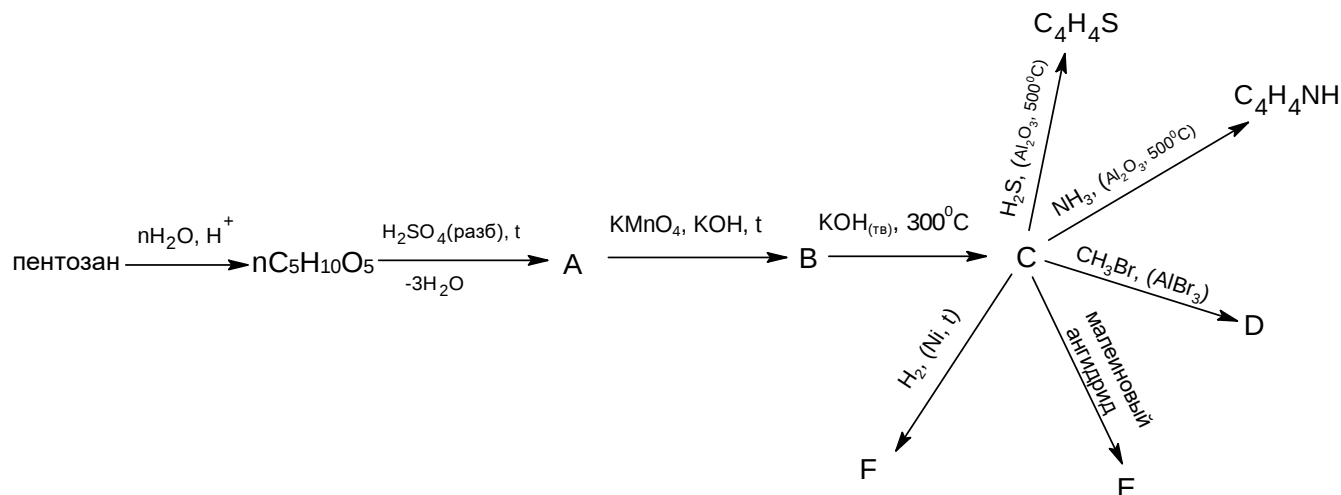
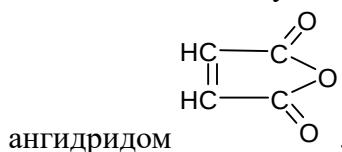
При взаимодействии оксида В с раствором гидроксида натрия образуется смесь солей кислородсодержащих кислот элемента X, а при низких концентрациях реагентов взаимодействие идет по другому пути: образуется одна из солей и выделяется кислород.

1. Назовите элемент X и оксиды А, В, С и D. Запишите структурно-графические формулы оксидов, укажите степени окисления элемента X.
2. Запишите уравнения получения кислородсодержащих кислот Е, F, Н, I. Назовите кислоты. Изобразите строение анионов кислот с учетом гибридизации элемента X, укажите тип гибридизации элемента X, расположение электронных пар в пространстве и геометрию ионов.
3. Запишите уравнение реакции взаимодействия оксида В с раствором гидроксида натрия. Вычислите массовую долю каждой соли в растворе, который образовался после растворения 4,48 л газа в 90 мл 12 % (масс.) раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,1309 г/мл). Изменение объема не учитывать.
4. Запишите электронно-ионные (полуреакции) и молекулярное уравнения реакции взаимодействия оксида В с раствором гидроксида натрия при низких концентрациях реагентов, укажите окислитель и восстановитель. Используя стандартные окислительно-восстановительные потенциалы, подтвердите возможность протекания реакции. $E(\text{окислителя}) = 0,954 \text{ В}$, $E(\text{восстановителя}) = 0,401 \text{ В}$.

11-2

Пентозаны представляют собой полимерные соединения, состоящие из пентоз. Получают их из пятиуглеродистых сахаров, таких как, ксилоза, по аналогии как из целлюлозы получают мономеры гексоз (глюкозу). Пентозаны применяются для получения целевого продукта А – бесцветная жидкость с запахом свежеепеченного хлеба. Данный продукт представляет собой гетероциклическое пятичленное соединение. По химическим свойствам А напоминает бензальдегид. Широко используется в качестве исходного сырья для получения различных антимикробных препаратов, синтетических смол, растворителей.

Соединение С выступает в качестве диенового компонента в реакциях Дильса-Альдера с малеиновым



1. Приведите формулу пентозана.
2. Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить данные превращения.
3. Изобразите структурные формулы веществ А–F, $C_5H_{10}O_5$, C_4H_4S , C_4H_4NH

11-3

Соединение с брутто-формулой $C_6H_6N_2O_2$ может существовать в виде трех изомеров. ИК-спектр данного соединения, снятый в твердом состоянии имеет следующие полосы поглощения $\nu_{as(N-H)} \sim 3500 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{s(N-H)} \sim 3380 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{s(C-H)Ar} \sim 3080 \text{ см}^{-1}$, $\delta_{(N-H)} \sim 1610 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{as(N-O)} \sim 1580 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{(C-C)Ar} \sim 1500 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{s(N-O)} \sim 1310 \text{ см}^{-1}$, $\delta_{(C-H)} \sim 1100 \text{ см}^{-1}$, $\delta_{(N-H)} \sim 800 \text{ см}^{-1}$. При добавлении к данному веществу раствора этанола в присутствии разбавленной соляной кислоты, образуется соединение, раствор и расплав которого хорошо проводит электрический ток. Обработка полученного вещества водным раствором NaOH дает соединение состава $C_8H_{10}N_2O_2$, в ИК-спектре которого, наряду с остальными полосами поглощения, присутствует только одна полоса, характерная для валентных колебаний связи N-H $\nu_{(N-H)} \sim 3500 \text{ см}^{-1}$.

- 1) Напишите структурные формулы изомеров $C_6H_6N_2O_2$, назовите их.
- 2) Объясните, почему один из изомеров имеет аномально низкие значения температуры кипения и температуры плавления в отличие от двух других.
- 3) С любым из изомеров напишите уравнения протекающих химических реакций. Дайте названия продуктам реакций.

11-4

Неизвестную протеиногенную аминокислоту (вещество А) подвергли электролизу при постоянной силе тока в нейтральной среде на платиновых электродах. В результате

образовалась трехкомпонентная газовая смесь (вещества **Б**, **В** и **Г**), а в растворе осталось вещество **Д**, причем газовой смеси по массе образуется в 2,1 раза больше, чем вещества **Д**.

Газовую смесь подвергли последовательному охлаждению при атмосферном давлении. При 0 °С плотность газовой смеси составила 0,9375 г/л. При охлаждении до -36 °С один из компонентов (**Б**) сконденсировался, плотность оставшейся газовой смеси при данной температуре составила 1,1827 г/л. При охлаждении до -79 °С еще один из компонентов (**В**) кристаллизовался, плотность оставшегося газа (**Г**) при данной температуре составила 0,1256 г/л. Считать, что все газы являются идеальными.

1) Определите количественный и качественный состав газовой смеси, если дополнительно известно следующее: газ **Б** ядовит и обладает резким неприятным запахом, газ **В** тяжелее воздуха и не поддерживает горение.

2) Определите вещество **Д**, если известно следующее: оно обладает мощными фунгицидными свойствами и имеет состав: 40 мас.% С, 53,33 мас.% О, 6,67 мас.% Н.

3) Определите вещество **А** и напишите реакцию его электролиза. Напишите реакции процессов, происходящих на катоде и на аноде.

4) Определите силу тока при электролизе, если известно, что за 3,25 минут прореагировало 0,025 г вещества **А**.

11-5

Липиды являются важными биологически активными веществами, обеспечивающими запас метаболического топлива организма, материал для построения мембран, а также являются биологическими эффекторами, регуляторами и медиаторами, участвующими во многих физиологических процессах. Полиненасыщенные высшие жирные карбоновые кислоты (ВЖК), как структурные фрагменты простых и сложных липидов, играют исключительно важную роль в жизнедеятельности организма. Способностью формировать нужную структуру в липидной части клеточных мембран обладают только *цис*-формы ненасыщенных ВЖК, при этом двойные связи полиеновых ВЖК несопряженные и отделены друг от друга метиленовыми группами, а сами углеводородные цепи не разветвлены. В фармацевтическом анализе для оценки качества жиров, используемых в составе лекарственных препаратов или в качестве основы для получения суппозиторий, мазей, эмульсий, инъекционных растворов, используется ряд показателей, например, число омыления, иодное число и некоторые другие.

А) В сложных липидах, помимо глицерина и ВЖК, среди прочих присутствуют и аминокислоты и аминокислоты, например, аминокислота серин (2-амино-3-гидроксипропановая кислота), аминокислоты коламин (2-аминоэтанол) и холин ((2-гидроксиэтил)триметиламмоний катион). В условиях *in vivo* предшественником холина является серин. Приведите схему синтеза, позволяющую осуществить химические превращения *серин* → *коламин* → *холин* в условиях *in vitro*.

Б) При определении величины иодного числа по методу Вейса-Хануша, навеску липида массой 0,3526 г, состоящего из триацилглицерина, содержащего ненасыщенные ВЖК, собственные названия которых **18:1, ω-9** и **18:2, ω-6**, поместили в колбу с притертой пробкой, растворили в хлороформе, прибавили 25,00 мл 0,1000 М раствора хлорида иода

(I), закрыли колбу пробкой и интенсивно встряхнули. Далее выдерживали в темном месте в течение 1 часа, после чего прибавили 10%-ный раствор иодида калия и полученный раствор оттитровали 10,00 мл 0,1000 М раствора тиосульфата натрия.

Известно, что высшая карбоновая кислота **18:1, ω -9** как более термически и химически устойчивая, используется в фармации как основа для мазей, эмульсий, масляных растворов, а кислота **18:2, ω -6** является одним из важных компонентов церамидов кожи.

На основании полученных результатов анализа:

- определите строение триацилглицерина, напишите его структурную формулу, исходя из того, что все непредельные фрагменты ВЖК находятся в *цис*-форме, а в глицериновом фрагменте присутствует хиральный атом углерода. Назовите триацилглицерин по систематической номенклатуре, укажите α - и ω -атомы углерода в структуре карбоновых кислот сложного эфира.
- Для данного липида рассчитайте **иодное число** по Вейсу-Ханушу (в соответствии с общей фармакопейной статьей, как массу (в граммах) хлорида иода (I), связанную со 100 г липида). Поясните, о чем свидетельствует величина иодного числа?
- Для данного липида рассчитайте **число омыления** (в соответствии с общей фармакопейной статьей, как массу КОН (в мг) необходимую для омыления 1,00 г сложного эфира). Для проведения анализа навеску липида массой 2,00 г поместили в колбу с обратным холодильником, прибавили 25,00 мл 0,5000 М спиртового раствора КОН и нагревали на водяной бане в течение 30 мин до получения прозрачного раствора. Далее в горячем растворе в присутствии фенолфталеина оттитровали избыток КОН 11,40 мл 0,5000 М раствором HCl. Поясните, какую информацию о строении липида дает величина числа омыления?