

## РЕШЕНИЕ И СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

См. решение задания 9-5

### 11 класс

#### Задание 11-1



#### НЕОРГАНИЧЕСКИЙ АНТИОКСИДАНТ

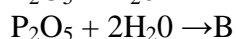
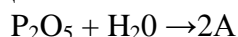
Антиоксиданты — добавки с индексом (E-300 - E-399) защищают продукты питания от окисления, прогорькания и изменения цвета.

Ортофосфорная кислота входит в состав многих популярных напитков на ароматизаторах, например, пепси, пепси-кола, кока-кола, спрайт и др. На упаковках ортофосфорная кислота часто подписывается как "регулятор кислотности E-338".

Однако, ортофосфорная кислота нарушает кислотно-щелочной баланс в организме в сторону повышения кислотности. Чтобы ее нейтрализовать, организму приходится вытеснять кальций из костей и зубов, что может привести к кариесу. Отсюда кариес. Эта же причина приводит к более раннему возникновению остеопороза.

1. Гидроксиапатит  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ , или, в другой записи,  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$  — основа костной ткани позвоночных, в том числе и человека. Напишите уравнения реакций, которые происходят при взаимодействии костной ткани с ортофосфорной кислоты. Укажите названия фосфоросодержащих продуктов реакции.

2. Известны несколько кислородсодержащих кислот фосфора (V), которые могут быть получены по следующим схемам:



3. Расшифруйте вещества А, В, С, назовите их и изобразите структурные формулы.

4. Смесь фосфата калия и оксида фосфора(V), массовая доля которой кислорода как элемента составляет 45,16%, растворили в 160 мл раствора гидроксида калия с концентрацией 2,5 моль/л ( $\rho=1,2$  г/мл) и получили раствор массой 241,6 г. Определите массовые доли веществ в конечном растворе.

## РЕШЕНИЕ И СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

См. решение задания 9-2.

#### Задание 11-2

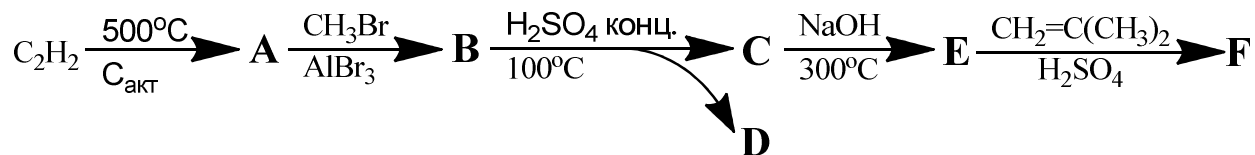
#### ОРГАНИЧЕСКИЙ АНТИОКСИДАНТ



Ионол - липофильное органическое вещество, относящееся к классу фенолов, широко используемое в химической

промышленности в качестве антиоксиданта (пищевая добавка E321). По химическим свойствам ионол является синтетическим аналогом витамина E, подавляя автокаталитические процессы радикального окисления. Используется в пищевых продуктах, в косметике, лекарствах, топливе для реактивных двигателей, резиновых и нефтяные продуктах, электрических трансформаторных маслах. В медицине может применяться в качестве наружного противоожогового и противовоспалительного средства.

Ниже представлена схема синтеза ионола:



Вопросы:

1. Расшифруйте схему синтеза ионола, напишите структурные формулы веществ **A-F**. При этом учитывайте, что молекула ионола ( $C_{15}H_{24}O$ ) имеет ось симметрии второго порядка (структура молекулы сохраняется при ее повороте вокруг этой оси на 180 градусов).
2. Объясните, почему ионол относится к липофильным соединениям? Какова будет растворимость ионола в бензоле и в водном растворе щелочи по сравнению с фенолом? Свой ответ обоснуйте.
3. Зачем нужны антиоксиданты? Объясните причины, по которым ионол проявляет антиоксидантные свойства. Напишите уравнения реакции взаимодействия ионола со свободным радикалом (на примере радикала  $RO\bullet$ ).

## РЕШЕНИЕ И СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

См. решение задания 10-2.

### Задание 11-3



**«Только с появлением теории Вернера химия комплексных соединений утратила характер лабиринта или темного леса, в котором исследователь рисковал»**

В мире неорганической химии известно более 500 тысяч соединений. Среди них более 70% составляют комплексные соединения. В 1883 г. Швейцарский химик Альфред Вернер

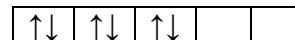
предложил теорию строения комплексных соединений, за которую в 1913 г. получил Нобелевскую премию.

Развивая теорию Вернера, в 30 годах 20 века выдвинута теория химической связи в комплексных соединениях – теория кристаллического поля. Электроноакцептор–комплексообразователь, предоставляет для образования связи свободные атомные орбитали своих энергетических уровней донору - лиганду. Лиганд (от ligo — связываю) — атом, ион или молекула, непосредственно связанная с одним или несколькими центральными (комплексообразующими) атомами металла. Согласно этой теории, лиганды по своему влиянию на энергетическое состояние центрального атома подразделяются на лиганды сильного и слабого поля. В поле слабого лиганда изменений в электронном строении центрального атома не происходит. В поле сильного лиганда происходит спаривание валентных d-электронов (расщепление d-подуровня), что приводит к освобождению орбиталей на этом подуровне. Например, для  $Fe^{+2}$ :

Поле слабого лиганда



Поле сильного поля



Лиганды в слабом поле занимают 4s- и 4p- орбитали, в сильном поле могут занимать и две 3d-орбитали. Поэтому тип гибридизации при координационном числе, равном 4, в первом случае  $sp^3$  (тетраэдр), а во втором  $d^2sp$  (квадрат).

Теория кристаллического поля объясняет магнитные свойства и окраску комплексов. Если имеются неспаренные электроны, то комплекс является парамагнитным, если же орбиталь заселена спаренными электронами, то комплекс диамагнитен. В зависимости от того, какие электроны участвуют в расщеплении подуровня, комплексы поглощают кванты света определенных волн, поэтому имеют соответствующую окраску.

1. Напишите реакции с образованием комплексных солей, подтверждающие амфотерные свойства гидроксида алюминия, Напишите названия этих солей.
2. Заполните таблицу, если известны только магнитные свойства комплексов

| № | Формула комплекса                            | Магнитные свойства | Сила поля лиганда | Тип гибридизации | Пространственное строение |
|---|--|--------------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| 1 | $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$     | парамагнитный      |                   |                  |                           |
| 2 | $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$            | диамагнитный       |                   |                  |                           |
| 3 | $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$            | диамагнитный       |                   |                  |                           |
| 4 | $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]^{2+}$ | диамагнитный       |                   |                  |                           |

3. Напишите электронное строение центрального атома в комплексах, указанных в табл.
4. Какой комплекс (см. таблицу) может иметь цис- и транс-изомеры? Изобразите их.
5. Почему все комплексы цинка вне зависимости от природы лиганда диамагнитны и бесцветны.

### РЕШЕНИЕ И СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

См. решение задания 9-3.

#### Задание 11-4



**«Как без природных полимеров невозможна сама жизнь, так без синтетических полимеров немислима современная цивилизация»**

Полимеризация была открыта еще в середине XIX века. Суть ее состоит в образовании высокомолекулярного вещества (полимера) путем многократного присоединения мономера к активному центру. Вещества, вступающие в реакции полимеризации, как правило, содержат кратные связи –  $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{N}$ ,  $\text{C}=\text{O}$  или неустойчивые циклы.

Так, некоторые изомеры вещества с составом  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  могут образовывать полимеры, находящие применение в производстве клеев и лаков, типографских красок, смол, основы энергетических связующих.

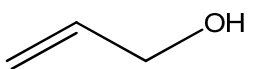
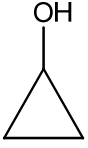
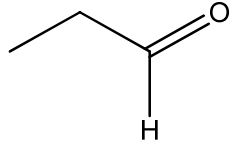
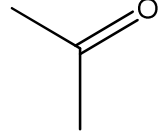
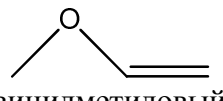
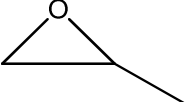
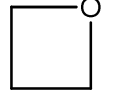
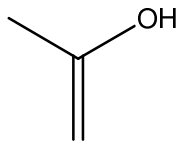
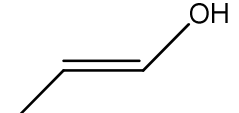
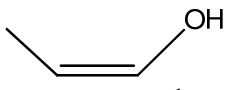
1. Напишите возможные изомеры, соответствующие формуле  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ . Назовите их согласно номенклатуре IUPAC. Какие из этих веществ являются неустойчивыми и не существуют в свободном виде?

2. Таутомерия – явление, при котором изомеры легко переходят друг в друга и находятся в равновесии. При этом происходит перемещение атомов водорода от одного атома в молекуле к другому и обратно в одном и том же соединении. Напишите все возможные таутомерные переходы для написанных в п.1 соединений.

3. Из получившихся в п.1. соединений выберите те, которые способны к полимеризации и напишите структуры соответствующих продуктов полимеризации.

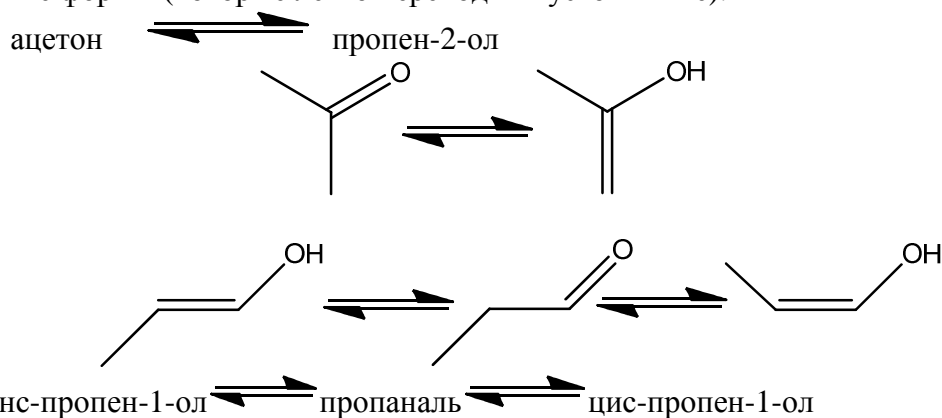
4. Образование полимера может протекать как произвольно, так и требовать особых, порой жестких условий. Часто, чтобы снизить энергозатраты, на производстве используют катализаторы. Приведите как минимум 2 примера различных по природе катализаторов полимеризации. Какие факторы также могут повлиять на успешность протекания реакции полимеризации (назовите как минимум 2 фактора)?

### РЕШЕНИЕ И СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <br>проп-2-ен-1-ол<br>(аллиловый спирт) | <br>циклопропанол  | <br>пропаналь                      | <br>пропан-2-он<br>(ацетон) |
| <br>винилметилвый<br>эфир               | <br>1,2-<br>пропиленоксид(1,2-<br>эпоксипропан,<br>метилоксиран) | <br>1,3-пропиленоксид<br>(оксетан) | <br>пропен-2-ол             |
| <br>транс-пропен-1-ол                  | <br>цис-пропен-1-ол  |  |  |

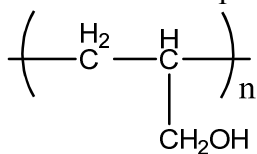
Неустойчивыми являются цис- и транс-пропен-1-ол, а также пропен-2-ол, так как они относятся к классу виниловых спиртов, которые не существуют в свободном виде.

1. Таутомерии могут быть подвержены изомеры, способные образовывать неустойчивые формы (которые легко переходят в устойчивые):

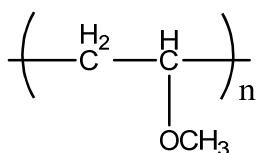


2.

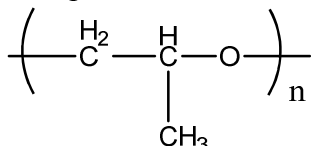
Аллиловый спирт  $\rightarrow$  полиаллиловый спирт



Винилметилвый эфир  $\rightarrow$  поливинилметилвый эфир (ПВМ)

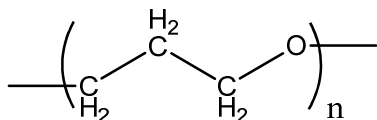


1,2 пропиленоксид → полипропиленоксид

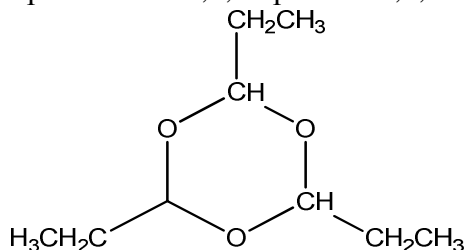


Помимо ненасыщенных соединений к полимеризации также способны оксетаны. Альдегиды способны претерпевать олигомеризацию с образованием тримеров в качестве продуктов.

Оксетан → полиоксетан



Пропаналь → 2,4,6-триэтил-1,3,5-триоксан



3. Примеры катализаторов: кислоты Льюиса,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , реактив Гриньяра, щелочные металлы, литийорганические соединения, катализаторы Циглера-Натта (Ti-производные), оксиды Cr, Co, Mo.

Факторы: от созданных условий, полимеризацию разделяют на термическую, фотохимическую, радиационную, т.е. факторами будут являться:

- температура полимеризации, среды и компонентов
- наличие УФ лучей
- облучение радиацией

Также на полимеризацию будут влиять:

- введение катализатора
- природа мономеров
- фазовое состояние реагирующей системы

*Система оценивания:*

За каждую правильно написанную формулу – 0,5 балла ( $10 \cdot 0,5 = 5$  баллов).

За каждое правильно написанное название – 0,5 балла ( $10 \cdot 0,5 = 5$  баллов).

За каждый правильный таутомерный переход – 1 балл ( $3 \cdot 1 = 3$  балла).

За каждую верную структуру полимера – 1 б. ( $5 \cdot 1 = 5$  баллов).

За любые верно названные 2 катализатора и 2 фактора – по 0,5 балла ( $4 \cdot 0,5 = 2$  балла).

Всего 20 баллов

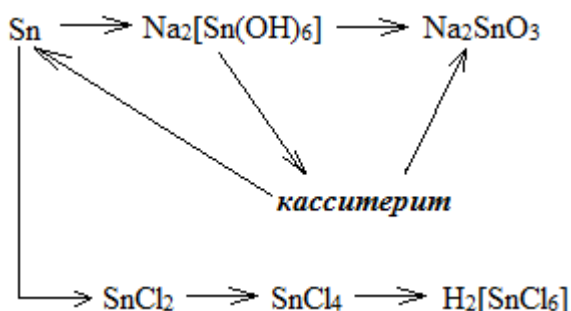
### Задание 11-5

#### «ОЛОВЯННЫЕ» ИСТОРИИ



Республика Саха (Якутия) является самым богатым оловом регионом России; оловоносные месторождения Верхояно-Колымского бассейна содержат этот металл в довольно высокой концентрации (до 3,4%) в виде минерала *касситерита*

Взаимопревращения олова и его некоторых соединений могут быть представлены в виде следующей схемы:



**Вопрос 1.** Назовите соединения, взаимодействия которых указаны на схеме. Напишите уравнения этих реакций. Укажите условия их протекания.

Укажите вещество в схеме, которое при стандартных условиях находится в жидком агрегатном состоянии.

Олово, являющееся одним из компонентов сплава, изобретенного ориентировочно в середине III тысячелетия до н.э., в настоящее время используется как безопасное нетоксичное коррозионностойкое покрытие в чистом виде или в сплаве с другими металлами.

**Вопрос 2.** Как называется сплав, изобретенный в середине III тысячелетия до н.э.?

Важность олова с давних времен подтверждается многочисленными упоминаниями о нем в Библии, в произведениях поэтов Древней Греции и Римской Империи. Не перестает оно встречаться и в более поздней литературе, например, в известной сказке Г.Х. Андерсена «Стойкий оловянный солдатик» с печальным концом: в пламени камина главный герой – оловянный солдатик, превратился в блестящую металлическую капельку.

**Вопрос 3.** Как сложилась бы судьба героя, если бы мальчишки не нашли его на каменной мостовой, куда он упал из окна? Объясните причину альтернативного окончания сказки с химической точки зрения, допустив, что температура в Дании зимой колеблется в пределах  $-2 - +3$  °С.

### РЕШЕНИЕ И СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

См. решение задания 9-4.