

# 10 класс



## НЕОРГАНИЧЕСКИЙ АНТИОКСИДАНТ

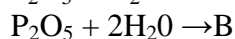
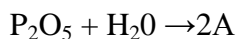
Антиоксиданты — добавки с индексом (E-300 - E-399) защищают продукты питания от окисления, прогоркания и изменения цвета.

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,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$  — 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:



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

3. 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.

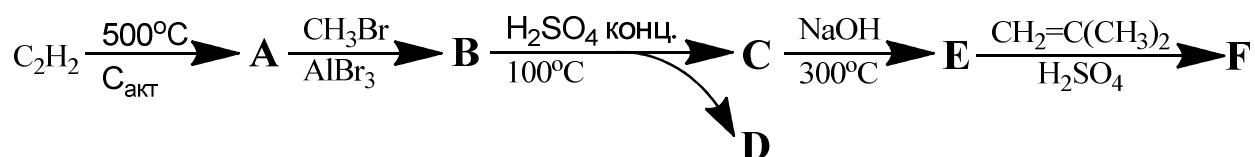
## Задание 10-2



### 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:


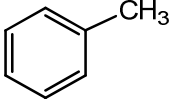
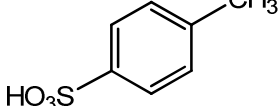
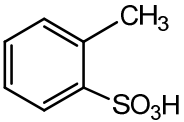
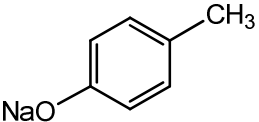
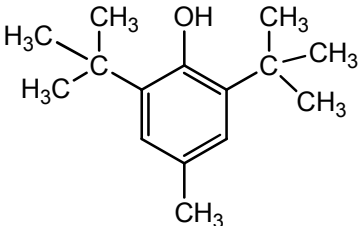


Вопросы:

- 1) Расшифруйте схему синтеза ионола, напишите структурные формулы веществ **A-F**. При этом учитывайте, что молекула ионола ( $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$ ) 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  $\text{RO}\bullet$ ).

### РЕШЕНИЕ И СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

1) Учитывая молекулярную формулу ионола ( $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$ ), а также то, что первая стадия в синтезе ионола – получение бензола, можно сделать вывод, что молекула ионола содержит в своем составе 1 бензольный фрагмент (6 атомов C), 1 фрагмент от метилбромида (1 атом C) и 2 фрагмента от изобутена (8 атомов C). С учетом информации о симметрии молекулы, решение первой части задачи приобретает однозначный вид:

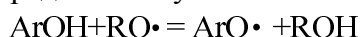
<b>A:</b> 	<b>B:</b> 	<b>C:</b> 
<b>D:</b> 	<b>E:</b> 	<b>F:</b> 

2) Липофильность - свойство вещества, означающее его химическое сродство к органическим веществам, являющееся по сути синонимом гидрофобности. Два объемных

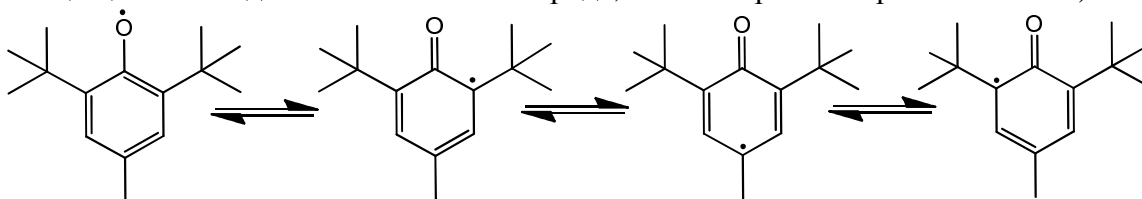
алифатических трет-бутильных радикала в молекуле ионола являются липофильными. Они частично экранируют фенольную группу, благодаря чему в целом молекула ионола также является липофильной. Вследствие своей липофильности, ионол (по сравнению гораздо менее липофильным фенолом) будет лучше растворяться в неполярных апротонных растворителях (бензол) и гораздо хуже растворяться в полярных протонных растворителях (вода и водный раствор щелочи).

3) Антиоксиданты являются ингибиторами окислительных процессов, протекающих в присутствии свободных радикалов и приводящих к порче ценных пищевых продуктов, потере механической прочности и изменению цвета полимеров, осмолению топлива, образованию кислот и шлама в турбинных и трансформаторных маслах и т.д. В соответствии со свободнорадикальной теорией старения, именно свободные радикалы вызывают повреждения в клетках, что приводит к нарушению их нормальной работы, а также увеличению вероятности смерти и возникновения различных заболеваний в случае многоклеточных организмов. Поэтому антиоксиданты не только улучшают нашу жизнь в бытовом плане, но и помогают продлевать ее продолжительность.

Ионол относится к фенольным антиоксидантам. Молекула ионола является донором атома водорода, превращая свободные радикалы в устойчивые молекулы.



При этом антиоксидантные свойства ионола обусловлены устойчивостью и низкой реакционной способностью радикала, образующегося из молекулы ионола (за счет делокализации свободного электрона по бензольному кольцу и пространственной «защищенности» для атаки атома кислорода, а также орто- и пара- положений).



#### Система оценивания

- 1) Правильные структурные формулы веществ **A-F**: по 2 балла (12 баллов)
  - 2) Верное объяснение липофильности ионола и его растворимости: по 1,5 балла (3 балла)
  - 3) Грамотное объяснение важности антиоксидантов: 1 балл.
- Верное объяснение причины антиоксидантной активности ионола: 3 балла  
 Верное уравнение реакции ионола с  $\text{RO}\cdot$ : 1 балл.

*Всего: 20 баллов*

#### Задание 10-3



**«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–комплексобразователь, 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 образования 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	$[Co(H_2O)_6]^{3+}$	парамагнитный			
2	$[Co(NH_3)_6]^{3+}$	диамагнитный			
3	$[Zn(NH_3)_4]^{2+}$	диамагнитный			
4	$[Pd(NH_3)_2Cl_2]^{2+}$	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 10-4



КАЖДЫЙ ХИМИК ДОЛЖЕН ЗНАТЬ...



Закончите схемы следующих реакций, расставьте коэффициенты:

1.  $KMnO_4 \rightarrow$
2.  $(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow$
3.  $FeS_2 + O_2 \rightarrow$
4.  $NaCl + H_2O \rightarrow$  (эл. ток)
5.  $SiO_2 + HF \rightarrow$

6.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow$
7.  $\text{I}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow$
8.  $\text{P}_4 + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
9.  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} \rightarrow$
10.  $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow$

Для каждой реакции укажите условия ее протекания и область применения.

## РЕШЕНИЕ И СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

См. решение задания 9-4.

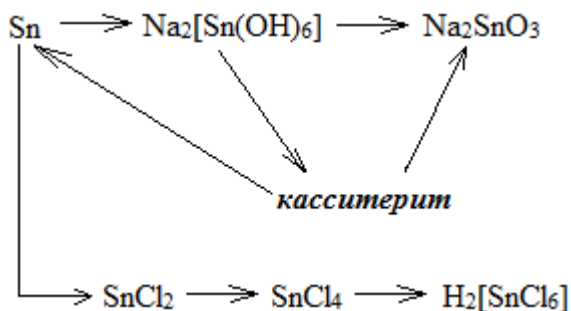
### Задание 10-5

#### «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  $-2 - +3$  °C.