



Профиль олимпиады: химия

Класс участия: 10, 11

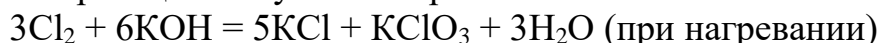
Вариант задания: 2

Задача 1 (5 баллов). В процессе разработки способа белия полотна, воска, бумажной массы хлором французский химик К. Бертолле (в 1780-х гг.) получил соли хлорноватой и хлорной кислот. Какую соль стали называть бертолетовой? Напишите ее формулу и систематическое название, выведите формулы кислоты и оксида, соответствующие этой соли. Приведите уравнение реакции получения бертолетовой соли.

Решение.

Бертолетова соль имеет формулу $KClO_3$, систематическое название – хлорат калия. Является солью хлорноватой кислоты $HClO_3$, которой соответствует оксид хлора (V) – Cl_2O_5 .

Уравнение реакции получения бертолетовой соли:



Критерии оценивания

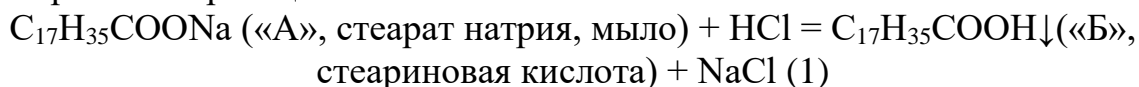
Критерии оценивания задания 1		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции получения бертолетовой соли взаимодействием хлора с гидроксидом калия.	2
2.	Приведена формула и систематическое название бертолетовой соли.	1
3.	Выведены формулы кислоты и оксида, соответствующие этой соли.	2
Итого		5



Задача 2 (5 баллов). Твердое вещество «А» белого цвета, окрашивающее бесцветное пламя горелки в желтый цвет, широко используется в быту. При обработке водного раствора вещества «А» соляной кислотой выпадает осадок «Б», а при добавлении к раствору «А» раствора соли кальция образуется осадок «В». Определите вещества «А», «Б», «В», дайте им названия. Напишите уравнения описанных реакций.

Решение

Уравнения реакций:



Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 2

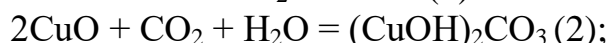
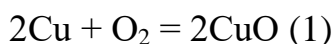
Элемент решения		Баллы
1.	Определена формула вещества «А», приведено его название.	1
2.	Записано уравнение реакции вещества «А» с соляной кислотой с образованием осадка вещества «Б» (1), приведено его название.	2
3.	Записано уравнение реакции вещества «А» с раствором соли кальция с образованием нерастворимого вещества «В» (2), приведено его название.	2
Итого		5



Задача 3 (8 баллов). Бронзовые скульптуры под действием кислорода воздуха, углекислого газа и влаги покрываются зеленоватым налетом, обусловленным коррозией меди. Напишите уравнения реакций коррозии меди, приведите состав образующегося соединения зеленого цвета, назовите это вещество по систематической и тривиальной номенклатуре. К какому классу соединений относится это вещество? Рассчитайте среднюю скорость коррозии (K_{cp}) бронзового памятника, которая может быть оценена потерей массы меди (Δm) с единицы площади поверхности (S) в единицу времени (τ) по формуле $K_{cp} = \Delta m / (S \cdot \tau)$ в $г/(м^2 \cdot ч)$, если уменьшение массы памятника за счет коррозии меди составило 0,5 кг в год, а площадь его поверхности примерно равна 2,5 $м^2$.

Решение

Уравнения реакций:



$(CuOH)_2CO_3$ – гидрокарбонат меди (малахит), относится к основным солям.

Рассчитываем скорость коррозии: в году содержится 365 дней и, следовательно, $365 \cdot 24 = 8760$ час; 0,5 кг = 500 г.

$$K_{cp} = \Delta m / (S \cdot \tau) = 500 / (2,5 \cdot 8760) = 0,02283 \text{ или } \approx 0,0228 \text{ г}/(м^2 \cdot ч).$$

Критерии оценивания

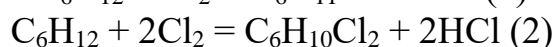
Критерии оценивания задания 3		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции взаимодействия меди с кислородом воздуха (1).	2
2.	Записано уравнение реакции взаимодействия оксида меди (II) с углекислым газом и парами воды во влажном воздухе (2).	2
3.	Указано название основного продукта коррозии меди по систематической и тривиальной номенклатуре.	2
4.	Рассчитана средняя скорость коррозии бронзового памятника в $г/(м^2 \cdot ч)$.	2
Итого		8



Задача 4 (12 баллов). При взаимодействии 21,5 мл циклогексана с хлором под действием УФ-излучения получена смесь хлорциклогексана и дихлорциклогексанов общей массой 25,77 г. Циклогексан израсходован полностью. Определите молярную долю хлорциклогексана (в %) в полученной смеси. Плотность циклогексана равна 0,78 г/мл. Молярную массу хлора принять равной 35,5 г/моль.

Решение

Уравнения реакций:



Пусть x моль циклогексана вступило в реакцию (1), а y моль – в реакцию (2). Масса циклогексана равна $21,5 \cdot 0,78 = 16,77$ г. Молярная масса циклогексана $M(C_6H_{12})$ равна 84 г/моль. Количество вещества C_6H_{12} равно $16,77:84 = 0,1996 \approx 0,2$ моль. $M(C_6H_{11}Cl) = 83 + 35,5 = 118,5$ г/моль; $M(C_6H_{10}Cl_2) = 82 + 71 = 153$ г/моль.

Составляем систему уравнений:

$$x + y = 0,2$$

$$118,5x + 153y = 25,77. \text{ Откуда } x = 0,14 \text{ моль, } y = 0,06 \text{ моль.}$$

Молярная доля хлорциклогексана равна $0,14:0,2 = 0,7$ или 70 %.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 4		
Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции хлорирования циклогексана с образованием хлорциклогексана (1).	2
2.	Записано уравнение реакции хлорирования циклогексана с образованием дихлорциклогексана (2).	2
3.	Рассчитаны масса и количество вещества циклогексана.	2
4.	Рассчитаны молярная масса хлорциклогексана и молярная масса дихлорциклогексана.	1
5.	Составлена система уравнений с двумя неизвестными.	2
6.	Рассчитаны количества веществ хлорциклогексана и дихлорциклогексана и определена молярная доля хлорциклогексана в полученной смеси.	3
Итого		12



Задача 5 (20 баллов). Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме превращений:



При написании уравнений используйте структурные формулы органических веществ. Назовите участвующие в реакциях органические вещества.

Решение

Уравнения реакций:

- 1) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ (этен) + C_6H_6 (бензол) \rightarrow $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$ (этилбензол);
- 2) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ + $\text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{Br})-\text{CH}_3$ (метилфенилбромметан) + HBr ;
- 3) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{Br})-\text{CH}_3$ + KOH (водн) $\rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ (метилфенилметанол) + KBr ;
- 4) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ (стирол, винилбензол) + H_2O ;
- 5) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ + 2KMnO_4 + $3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$ (бензойная кислота) + CO_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + $4\text{H}_2\text{O}$;
- 6) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$ + $\text{PCl}_5 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{COCl}$ (хлорангидрид бензойной кислоты) + POCl_3 + HCl

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 5		
Элемент решения		Баллы
1.	Записаны уравнения реакций (по 1 баллу за каждую реакцию).	6
2.	Указаны названия участвующих в реакциях веществ (по 2 балла за каждое вещество).	14
Итого		20

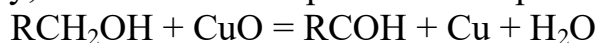


Задача 6 (20 баллов). Природные вещества, называемые терпенами, являются составной частью растительных эфирных масел и обуславливают их запах. Сюда относятся масла хвойных деревьев, масла цветов и листьев многих растений. Терпен гераниол, содержащийся в розовом масле и обладающий запахом розы, имеет следующий состав по массе: 77,92 % углерода, 11,69 % водорода и 10,39 % кислорода. При окислении гераниола оксидом меди (II) образуется альдегид цитраль, входящий в состав эвкалиптового масла. А при окислении данного терпена перманганатом калия в присутствии серной кислоты образуется смесь ацетона, щавелевой кислоты и кетонокислоты в молярном соотношении 1:1:1. Молекула гераниола содержит в боковой цепи два метильных заместителя возле двойных связей. Установите молекулярную формулу гераниола. Предложите его возможную структурную формулу. Напишите уравнения описанных реакций окисления данного терпена.

Решение.

Пусть формула гераниола $C_xH_yO_z$. Рассмотрим 100 г гераниола. Тогда $x : y : z = n(C):n(H):n(O) = 77,92/12 : 11,69/1 : 10,39/16 = 6,4933 : 11,69 : 0,6494 = 9,999 : 18,159 : 1 = 10 : 18 : 1$. Молекулярная формула гераниола – $C_{10}H_{18}O$.

Так как при «мягком» окислении гераниола с CuO образуется альдегид, можно предположить, что его молекула содержит концевую гидроксильную группу, и он является первичным спиртом.



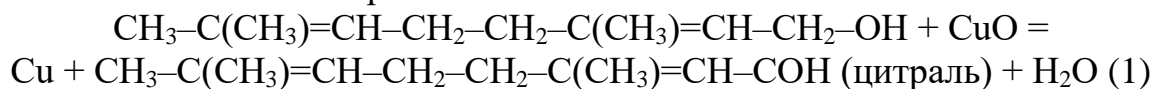
Так как молекула гераниола содержит в боковой цепи два метильных заместителя, основная цепь состоит из 8 атомов углерода.

При «жестком» окислении данного терпена $KMnO_4$ в кислой среде образуются три органических продукта в молярном отношении 1:1:1, что позволяет предположить наличие двух двойных связей в цепи. Образующиеся продукты в реакции окисления $KMnO_4$ указывают на то, что метильные радикалы находятся возле двойных связей.

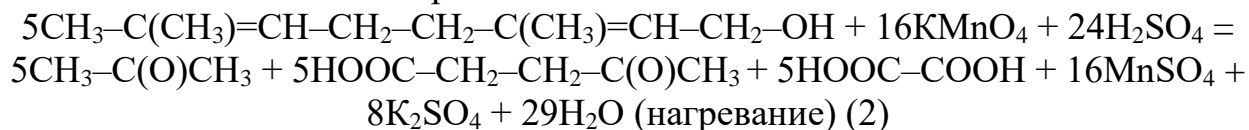
Структурная формула гераниола:



Мягкое окисление гераниола:



Жесткое окисление гераниола:



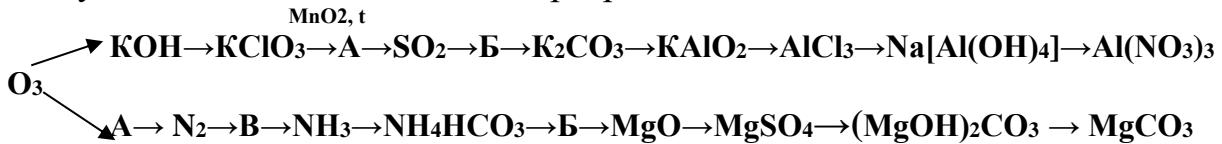


Критерии оценивания

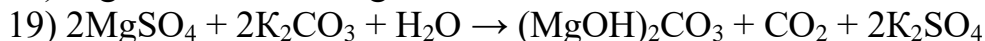
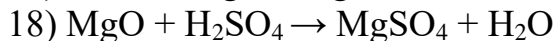
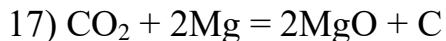
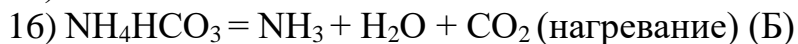
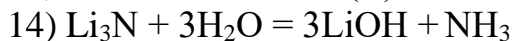
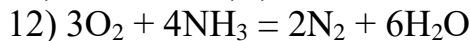
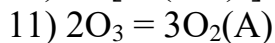
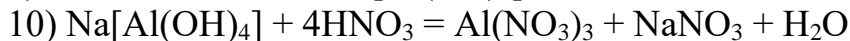
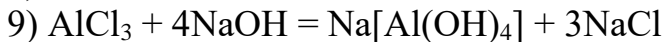
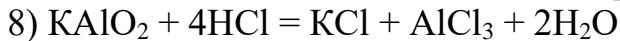
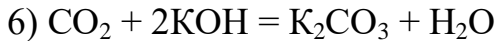
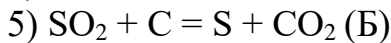
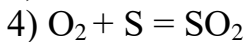
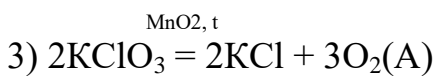
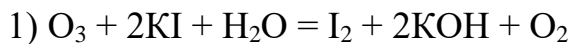
Критерии оценивания задания 6		
Элемент решения		Баллы
1.	Установлена молекулярная формула гераниола.	4
2.	Предположено, что гераниол является первичным спиртом.	1
3.	Сделан вывод о том, что основная цепь молекулы гераниола содержит 8 атомов углерода.	1
4.	Сделан вывод о том, что молекула гераниола содержит две кратные связи.	1
5.	Сделан вывод о том, что метильные радикалы находятся возле двойных связей.	1
6.	Предложена структурная формула гераниола.	4
7.	Записано уравнение окисления гераниола CuO .	2
8.	Записано уравнение окисления гераниола перманганатом калия в кислой среде с образованием указанных продуктов.	6
Итого		20



Задача 7 (30 баллов). Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Решение





Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 7

Элемент решения		Баллы
1.	Записано уравнение реакции 1.	2
2.	Записано уравнение реакции 2.	2
3.	Записано уравнение реакции 3.	1
4.	Записано уравнение реакции 4.	1
5.	Записано уравнение реакции 5.	2
6.	Записано уравнение реакции 6.	1
7.	Записано уравнение реакции 7.	1
8.	Записано уравнение реакции 8.	2
9.	Записано уравнение реакции 9.	2
10.	Записано уравнение реакции 10.	1
11.	Записано уравнение реакции 11.	1
12.	Записано уравнение реакции 12.	2
13.	Записано уравнение реакции 13.	1
14.	Записано уравнение реакции 14.	2
15.	Записано уравнение реакции 15.	1
16.	Записано уравнение реакции 16.	1
17.	Записано уравнение реакции 17.	2
18.	Записано уравнение реакции 18.	1
19.	Записано уравнение реакции 19.	2
20.	Записано уравнение реакции 20.	2
Итого		30