



## Профиль олимпиады: химия

**Класс участия: 10, 11**

**Вариант задания: 2**

**Задача 1 (5 баллов).** В процессе разработки способа белиения 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  $\text{KClO}_3$ , систематическое название – хлорат калия. Является солью хлорноватой кислоты  $\text{HClO}_3$ , которой соответствует оксид хлора (V) –  $\text{Cl}_2\text{O}_5$ .

Уравнение реакции получения бертолетовой соли:



### Критерии оценивания

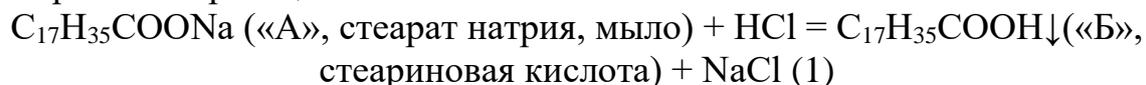
| Критерии оценивания задания 1 |   |       |
|-------------------------------|---|-------|
| Элемент решения               |   | Баллы |
| 1.                            | Записано уравнение реакции получения бертолетовой соли взаимодействием хлора с гидроксидом калия. | 2     |
| 2.                            | 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

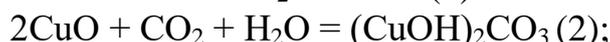
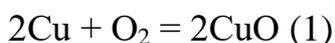
| Критерии оценивания задания 2 |  | Баллы |
|-------------------------------|--|-------|
| Элемент решения               |  | Баллы |
| 1.                            | Определена формула вещества «А», приведено его название.   | 1     |
| 2.                            | Записано уравнение реакции вещества «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 ( $\Delta m$ ) с единицы площади поверхности ( $S$ ) в единицу времени ( $\tau$ ) 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;  $0,5 \text{ кг} = 500 \text{ г}$ .

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

### Критерии оценивания

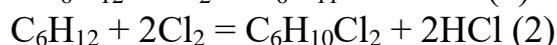
| Критерии оценивания задания 3 |   |       |
|-------------------------------|---|-------|
| Элемент решения               |   | Баллы |
| 1.                            | Записано уравнение реакции взаимодействия меди с кислородом воздуха (1).  | 2     |
| 2.                            | Записано уравнение 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) +  $\text{C}_6\text{H}_6$  (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) +  $\text{HBr}$ ;
- 3)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}(\text{Br})\text{—CH}_3$  +  $\text{KOH}(\text{водн}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}(\text{OH})\text{—CH}_3$  (метилфенилметанол) +  $\text{KBr}$ ;
- 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) +  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}=\text{CH}_2$  +  $2\text{KMnO}_4$  +  $3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{—COOH}$  (бензойная кислота) +  $\text{CO}_2$  +  $2\text{MnSO}_4$  +  $\text{K}_2\text{SO}_4$  +  $4\text{H}_2\text{O}$ ;
- 6)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—COOH}$  +  $\text{PCl}_5 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{—COCl}$  (хлорангидрид бензойной кислоты) +  $\text{POCl}_3$  +  $\text{HCl}$

### 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    |

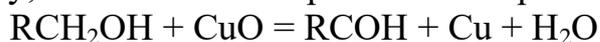


**Задача 6 (20 баллов).** Природные вещества, называемые терпенами, являются составной частью растительных эфирных масел и обуславливают их запах. Сюда относятся масла хвойных деревьев, масла цветов и листьев многих растений. Терпен гераниол, содержащийся в розовом масле и обладающий запахом розы, имеет 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.



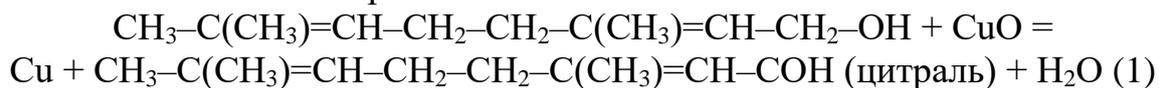
Так как молекула гераниола содержит в боковой цепи два метильных заместителя, основная цепь состоит из 8 атомов углерода.

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.

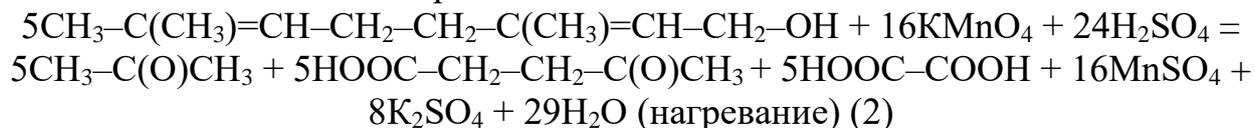
Структурная формула гераниола:



Мягкое окисление гераниола:



Жесткое окисление гераниола:





Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

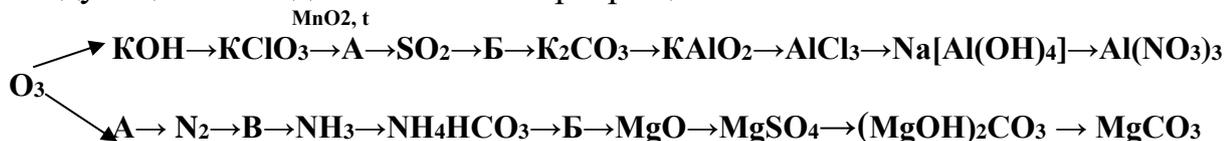
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

### Критерии оценивания

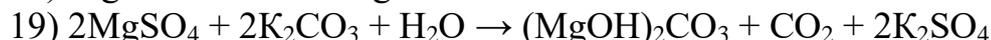
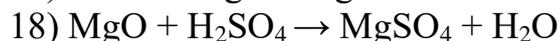
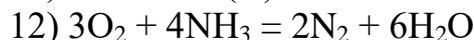
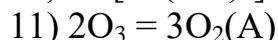
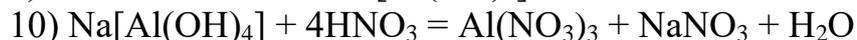
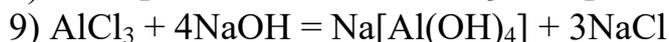
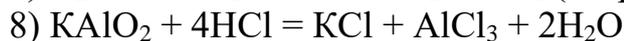
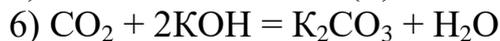
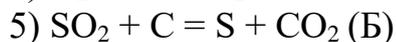
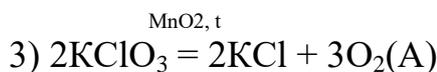
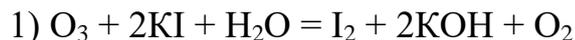
| Критерии оценивания задания 6 |   |       |
|-------------------------------|---|-------|
| Элемент решения               |   | Баллы |
| 1.                            | Установлена молекулярная формула гераниола.   | 4     |
| 2.                            | Предположено, что гераниол является первичным 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 $\text{CuO}$ .   | 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

| Критерии оценивания задания 7 |                                | Баллы |
|-------------------------------|--------------------------------|-------|
| 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    |