

УТВЕРЖДАЮ
Председатель открытой олимпиады
школьников по химии
профессор Р.Е. Калинин



Вопросы и ответы на задания очного тура по Химии

Задание 1 (10 баллов)

Соединение элемента Э с хлором содержит 66,2% хлора по массе. Определите состав молекулы этого соединения. Предположите тип гибридизации атома Э в данной молекуле и ее пространственную конфигурацию.

Решение

Соединение неизвестного элемента с хлором имеет формулу ЭCl_x . Пусть относительная атомная масса элемента равна M .

$$\text{Тогда } \omega(\text{Cl}) = 35,5 \cdot x / (M + 35,5 \cdot x) = 0,662$$

Решаем и получаем $M = 18,125 \cdot x$

Определяем массу атома M подбором:

$x = 1$	$M = 18,125$	$x = 2$	$M = 36,25$
$x = 3$	$M = 54,375$	$x = 4$	$M = 72,5$
$x = 5$	$M = 90,625$	$x = 6$	$M = 108,75$

Единственное разумное сочетание массы и валентности – это четырехвалентный германий ($A_r(\text{Ge}) = 72,59$). Исследуемое соединение – тетрахлорид германия GeCl_4 .

Можно по аналогии с углеродом предположить sp^3 -гибридизацию атома германия и тетраэдрическую структуру молекулы GeCl_4 .

За составление алгебраического уравнения – 2 балла

За подбор решения – 6 баллов (за каждую проверенную валентность)

За предположение о гибридизации и структуре – 2 балла (по 1 баллу)

Задание 2 (13 баллов)

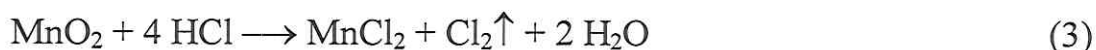
Смесь AgNO_3 и $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ массой 12,01 г прокалили при 500°C . Твердый остаток после прокаливания обработали соляной кислотой, при этом образовались бледно-розовый раствор А, черный осадок В и выделилось 0,732 л (при 25°C и 1 атм) желто-зеленого газа. Определите состав А и В, а также массу осадка В.

Решение

При прокаливании смеси нитратов протекают реакции разложения:



Твердый остаток после прокаливания – смесь серебра и MnO_2



Таким образом, А – это раствор MnCl_2 , а черный осадок В – серебро, которое не реагирует с соляной кислотой. Желто-зеленый газ – это хлор

$$v(\text{Cl}_2) = pV / (RT) = 101325 * 0,732 * 10^{-3} / (8,314 * 298) = 0,03 \text{ моль}$$

$$v(\text{MnO}_2) = v(\text{Cl}_2) = v(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,03 \text{ моль}, m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,03 * 287 = 8,61 \text{ г}$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 12,01 - 8,61 = 3,4 \text{ г}, v(\text{AgNO}_3) = 3,4 / 170 = 0,02 \text{ моль}$$

$$v(\text{Ag}) = 0,02 \text{ моль}, m(\text{Ag}) = 0,02 * 108 = 2,16 \text{ г}$$

Ответ: 2,16 г Ag.

За реакции 1,2 и 3 – по 2 балла. Итого 6 баллов

За состав А и В по 1 баллу. Итого 2 балла

За расчет количества вещества хлора – 2 балла.

За расчет массы кристаллогидрата – 1 балл.

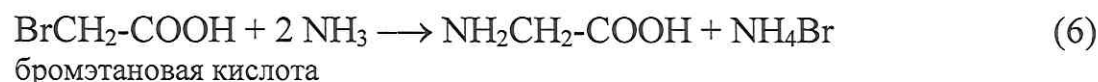
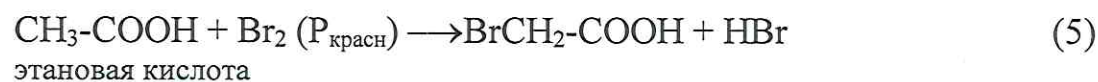
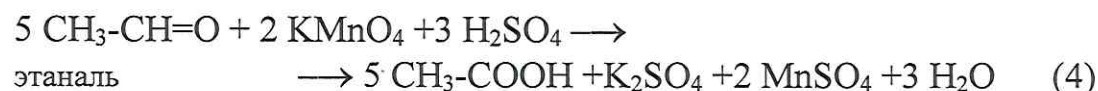
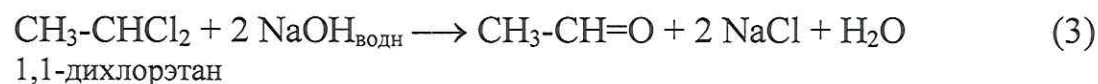
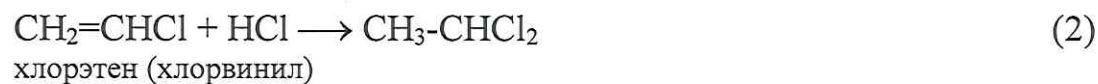
За расчет массы нитрата серебра – 1 балл.

За расчет массы серебра – 1 балл

Задание 3 (12 баллов)

Деполимеризацией полимерного материала получен мономер, последовательной обработкой которого хлороводородом, водным раствором гидроксида натрия, окислением сернокислым раствором перманганата калия, бромированием в присутствии катализатора, взаимодействием с избытком аммиака получен глицин (аминоуксусная кислота). Приведите уравнения всех химических реакций, назовите все органические вещества.

Решение



За каждую реакцию по 1 баллу – итого 6 баллов

За каждое название по 1 баллу – итого 6 баллов

Задание 4 (13 баллов)

Соединение А (формула $C_7H_6O_2$) плохо растворяется в воде, но хорошо растворяется в водном растворе гидроксида натрия с образованием соли Б (формула $C_7H_5O_2Na$). В результате взаимодействия А с бромной водой было выделено соединение В, в котором массовая доля брома составляет 64,0%. При восстановлении соединения А водородом на платиновом катализаторе при $20^\circ C$ получено соединение Г. Проанализируйте возможное строение вещества А. Установите структурные формулы веществ А, Б, В и Г, назовите их и приведите все химические реакции.

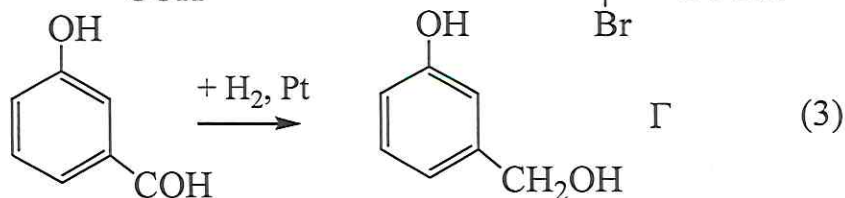
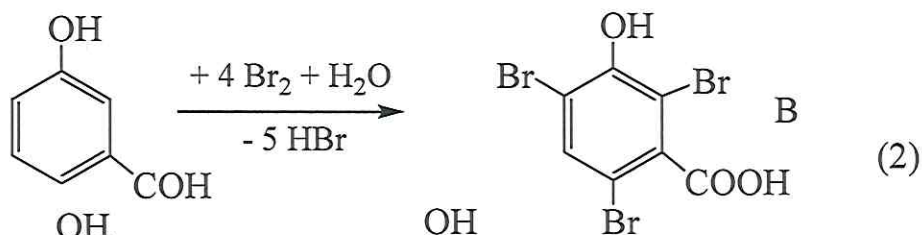
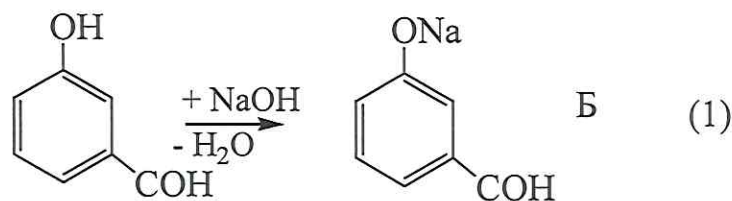
Решение

А – ароматическое соединение, в котором имеется карбоксильная группа или фенольный гидроксил. С бромной водой в реакцию замещения при обычных условиях из ароматических соединений вступают только фенол, анилин или их соли. Значит, вещество Б – натриевая соль замещенного фенола, в котором присутствует альдегидная группа $C_6H_4(ONa)CH=O$.

Пусть продукт взаимодействия А с бромной водой является трибромпроизводным. Учтем, что альдегидная группа окисляется бромом в карбоксильную, тогда продукт имеет формулу $C_6HBr_3(OH)COOH$. Вычислим массовую долю брома в нем:

$240 / 375 = 0,64$, что соответствует условию. То есть при бромировании получено трибромпроизводное.

Следовательно, альдегидная группа располагалась в *мета*-положении к гидроксилу.



Вещество А – *m*-гидроксibenзальдегид.

Вещество Б – натриевая соль *m*-гидроксibenзальдегида (*m*-формилфеноксид натрия).

Вещество В – 2,4,6-трибром-3-гидроксibenзойная кислота.

Вещество Г – 3-гидроксibenзиловый спирт

За анализ структуры (ароматическое кольцо, фенол или анилин, *мета*-положение заместителя) – 3 балла

За проверку массовой доли брома – 2 балла

За реакции 1 и 3 по 1 баллу – итого 2 балла

За реакцию 2 – 2 балла

За каждое название по 1 баллу – итого 4 балла

Задание 5 (12 баллов)

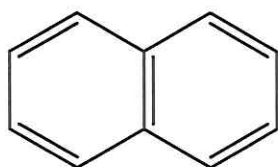
1. Расположите растворы следующих веществ с концентрацией 0,1 моль/л в ряд по увеличению величины их рН: А) аммиак, Б) метиламин, В) хлорид метиламмония, Г) гидроксид натрия. (4 балла)

2. Смешали 1 моль азота и 3 моль водорода, смесь пропустили над катализатором в соответствующих условиях. Выход реакции составил 18%. Определите объемную долю аммиака в равновесной смеси после окончания реакции (ответ округлите до целых). (2 балла)

А) 8% Б) 10% В) 12% Г) 14%

3. Дипептид построен из остатков аминокислотной и α -аминопропановой кислот. Вычислите массовую долю азота в этом дипептиде в % (ответ округлите до целых). (2 балла)

А) 15% Б) 17% В) 19% Г) 21%



4. Формула нафталина выглядит следующим образом. Сколько существует изомерных метилнафталинов? (2 балла)

А) 1 Б) 2 В) 3 Г) 4

5. Какое соединение *не может* образоваться при взаимодействии йода и хлора? (2 балла)

А) ICl Б) ICl₃ В) I₃Cl Г) I₂Cl₆

Ответы: 1) ВАБГ, 2) 10%, 3) 19%, 4) Б, 5) В