

РЕШЕНИЯ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ  
МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА  
**ВСЕРОССИЙКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ**  
**ПО ХИМИИ**  
**ДЛЯ УЧАСТНИКОВ 10 класса**

2023-2024 уч.год

### Задача 10.1.

1. Известно, что металл двухвалентный, следовательно гидроксид имеет формулу  $\text{Me}(\text{OH})_2$ , а реакция с хлоридом будет иметь следующий вид (поскольку других продуктов не образуется):



Рассчитаем молярную массу металла –  $x$ :

$$M(\text{Me}(\text{OH})_2) = x + 34$$

$$M(2 \text{Me}(\text{OH})\text{Cl}) = 2(x + 17 + 35,5)$$

$$1,86 / (34 + x) = 4,46 / (2x + 105)$$

$x = 59$  г/моль это кобальт, что также подтверждается цветом гидроксида.

2. Соединения:

А	Б	В	Г	Д
$\text{Co}(\text{OH})_2$	$\text{Co}(\text{OH})\text{Cl}$	$\text{CoO}(\text{OH})$	$\text{Co}_3\text{O}_4$	$\text{Na}_4\text{CoO}_4$

3.  $\text{Co}_3\text{O}_4$  – смешанный оксид кобальта (II, III) можно рассматривать как как соль  $\text{Co}(\text{Co}_2\text{O}_4)$  – кобальтат (III) кобальта (II) или как смешанный оксид  $\text{CoO} \cdot \text{Co}_2\text{O}_3$ .

4. Обоснование состава соединения Д. В реакции 5 кобальт выступает восстановителем, соответственно, повышает степень окисления. Поскольку вторым продуктом реакции является только кислород, то все остальные элементы будут в составе соли, при этом кобальт будет проявлять кислотные свойства – то есть давать оксоанион.

Предположим его состав в расчёте на один атом кобальта -  $\text{Na}_x\text{CoO}_y$

$$M(\text{Na}_x\text{CoO}_y) = 59 / 0,2744 = 215 \text{ г/моль.}$$

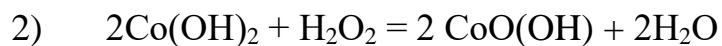
Видно, что индексы у натрия и кислорода будут одинаковы и численно равны степени окисления кобальта. Соответственно, находим  $x = y$ :

$$x = (215 - 59) / (23 + 16) = 4$$

Формула соли  $\text{Na}_4\text{CoO}_4$

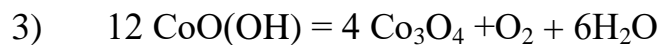
Можно найти состав соли и методом подбора по массовой доле.

5. Уравнения реакций:



или  $\text{CoO(OH)} \cdot \text{H}_2\text{O}$

или  $\text{Co(OH)}_3$



**Оценивание:**

Определение металла М (без расчета – минус один балл)	2 балла
Формулы соединений А-Д (по 1 баллу)	5 баллов
Формулы для смешанного оксида	1 балл
Обоснование и расчёт состава соли Д	2 балла
Уравнения реакций 1-5 (по 2 балла)	10 баллов
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>

**Задача 10.2.**

Вещества:

**A** –  $\text{H}_2\text{SO}_4$

**B** –  $\text{NaOH}$

**W** –  $\text{H}_2\text{O}_2$

**V** –  $\text{H}_2\text{O}$

**X** –  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$

**Y** –  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$

**Z** –  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

**K** –  $\text{Na}_3[\text{Cr(OH)}_6]$

Уравнения реакций:



3.  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3 \text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$
4.  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 10 \text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
5.  $2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
или  $2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2 \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
6.  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}_2 = 2 \text{CrO}_5 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

### Оценивание:

Вещества А, В, V, W, X, Y, Z, К (по 1 баллу)	8 баллов
Уравнения реакций 1-6 (по 2 балла)	12 баллов
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>

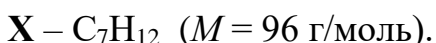
### Задача 10.3.

При полном сгорании углеводорода **X** образуются только вода и углекислый газ. Рассчитаем количества полученных продуктов сгорания:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{15,68 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,7 \text{ моль, т. е. } \nu(\text{C}) = 0,7 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{10,8 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,6 \text{ моль, т.е. } \nu(\text{H}) = 1,2 \text{ моль}.$$

Следовательно, простейшая формула углеводорода:



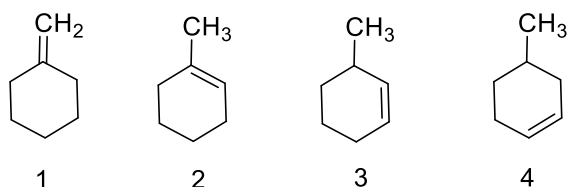
Т.к. 16,2 г паров вещества **X** занимают объем 3,78 л

$M(\text{X})$  г занимает объем 22,4 л, отсюда

$$M(\text{X}) = 96 \text{ г/моль}.$$

Таким образом, молекулярная формула углеводорода **X** совпадает с простейшей –  $\text{C}_7\text{H}_{12}$ .

Т.к. углеводород **X** обесцвечивает бромную воду, можно предположить, что он содержит кратные связи. Известно, что при гидрировании 1 моль **X** расходуется 1 моль водорода и образуется углеводород циклогексанового ряда. Учитывая, что он содержит 7 атомов углерода, можно сделать вывод, что это один из изомеров 1-4:



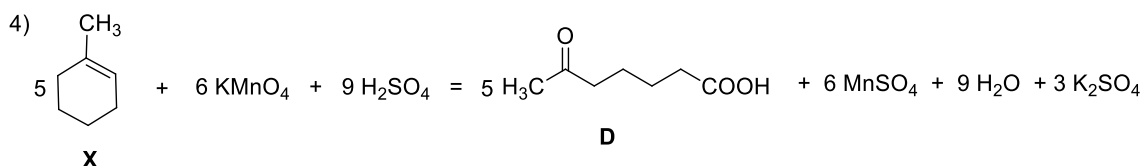
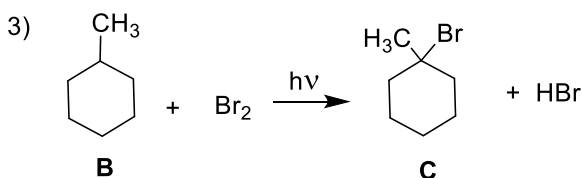
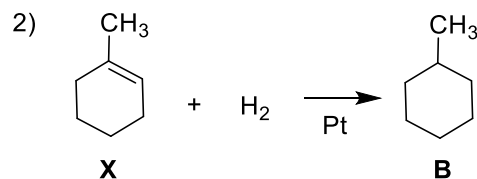
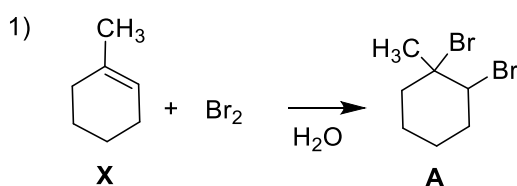
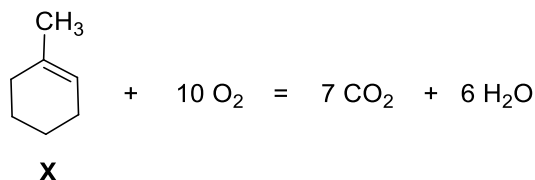
При окислении углеводорода **X** перманганатом калия, подкисленным серной кислотой, образуется единственный органический продукт **F**, содержащий в своем составе три атома кислорода.

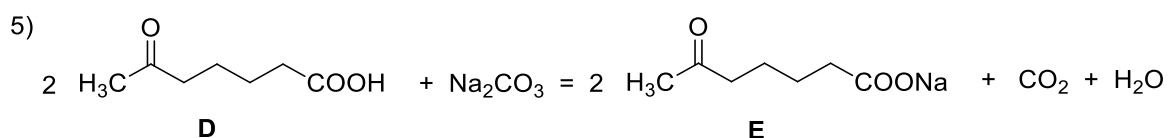
а) Изомер **1** не подходит, поскольку при его окислении выделяется углекислый газ и образуется циклогексанон, содержащий в своем составе лишь один атом кислорода.

б) При окислении изомеров **3** и **4** образуются дикарбоновые кислоты, которые содержат в своем составе по четыре атома кислорода и будут реагировать с карбонатом натрия в эквимольном соотношении.

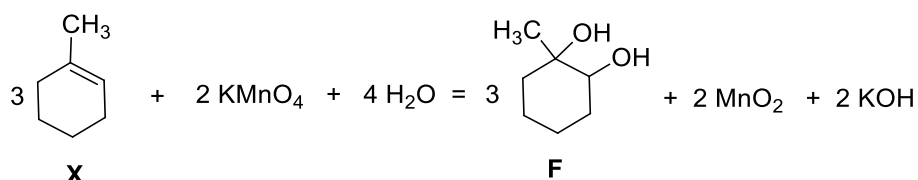
в) Таким образом, искомому углеводороду **X** соответствует формула **2**, т.е. **X** – *1-метилциклогексен*.

Уравнения реакции сгорания **X** и реакций образования продуктов **A-E**:

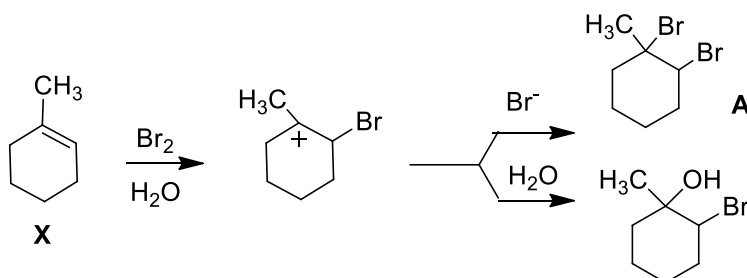




Окисление алкенов под действием холодного водного раствора перманганата калия происходит до вицинальных диолов. При этом из **X** образуется 1,2-дигидрокси-1-метилциклогексан **F** и выделяется бурый осадок диоксида марганца.



Образование побочного продукта при взаимодействии алкенов с бромной водой обусловлено участием воды. Наиболее правильно это можно объяснить следующим образом. При взаимодействии с бромом происходит образование карбокатиона, который далее атакуется не только бромид-анионом, но и молекулами воды:



### Оценивание:

Расчет и вывод молекулярной формулы вещества X	4 балла
Предположения о возможных структурных формулах X (за каждый по 0,5 балла), выбор правильной формулы с пояснениями	4 балла
За уравнения горения X, превращения X в A, X в B, B в C, D в E по 1 баллу	5 баллов
Уравнение превращения X в D, X в F по 2 балла	4 балла
Структура побочного продукта, даже если не указано, что он образуется через промежуточный катион	3 балла
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>

#### Задача 10.4.

1. Составив систему из кинетических уравнений  $V = k \cdot C_A^2$  для различных исходных концентраций вещества А, найдем  $\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2$  отсюда

$$\frac{c_2}{c_1} = \sqrt{\frac{v_2}{v_1}} = \sqrt{27} = 5,20$$

2. Исходя из условий задачи и уравнения Вант-Гоффа

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{\Delta T}{10}} \text{ определим } \gamma = 3.$$

(Способ математического определения не важен методом подбора или решением уравнения)

а) Далее воспользуемся уравнением Вант-Гоффа для  $\Delta T = 20$ ,

определим, что скорость возрастет в 9 раз.

б) Отношение концентраций, по условию задачи, составляет  $(1+0,2)/1$ , тогда  $\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2 = \left(\frac{1,2}{1}\right)^2 = 1,44$ .

в) Т.к. при увеличении температуры скорость возрастает эквивалентно росту константы скорости, то одновременное изменение температуры и концентрации определим

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{k_2}{k_1} \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2 = 9 \left(\frac{1,2}{1}\right)^2 = 12,96.$$

#### Оценивание:

Во сколько раз нужно увеличить концентрацию	4 балла
Изменение скорости при: а) повышении температуры; б) повышении концентрации; в) изменении обоих параметров	6 баллов 6 баллов 4 балла
При неверном численном значении минус половина положенных баллов	
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>

### Задача 10.5.

При сливании растворов протекает химическая реакция:



Рассчитаем количества исходных веществ:

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{NaOH}) = 0,15 \cdot 7 = 1,05 \text{ (моль)}$$

В результате взаимодействия образовалось 0,2 моль осадка и 0,3 моль соли. Для этого взаимодействия необходимо 0,6 моль щелочи, избыток будет взаимодействовать с осадком по уравнению:



В эту реакцию вступит 0,45 моль щелочи и 0,15 моль осадка. Останется 0,05 моль осадка. Рассчитаем массу осадка:

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,05 \cdot 78 = 3,9 \text{ (г)}.$$

Рассчитаем молярные концентрации солей:

$$1) \quad c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = (0,3 \cdot 1000 / (250 - 3,9)) = 1,2 \text{ (моль/л)}.$$

$$2) \quad c(\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]) = (0,15 \cdot 1000 / (250 - 3,9)) = 0,6 \text{ (моль/л)}.$$

Или:

	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{NaOH}$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$
Исходные количества, моль	0,1	1,05	-	-	-
После реакции 1, моль	-	0,45	0,2	0,3	
После реакции 2, моль	-	-	0,05	0,3	0,15
В конечном растворе	-	-	3,9 г	1,2 М	0,6М

### Оценивание:

Расчет исходных количеств	2 балла
Расчет количеств после реакции 1	3 балла
Расчет количеств после реакции 2	3 балла
Расчет количества осадка	2 бала
Расчет концентрации солей	6 баллов
Уравнения химических реакций	4 балла
<b>Итого:</b>	<b>20 баллов</b>