

**Решения заданий 2-го этапа Всероссийской олимпиады школьников  
по химии 2020 – 21 учебный год**

**11 класс**

**Задача 11.1 (Дацук Е.А., Степенин А.А.)**

Техническую смесь карбоната натрия и тетрагидрата нитрата кальция массой 65 г разделили на две части в соотношении 2 : 3 по массе. Большую часть добавили к достаточному количеству дистиллированной воды и отфильтровали 9 г осадка. При добавлении к фильтрату избытка разбавленной азотной кислоты было получено 1344 мл (при н. у.) газа. Вычислите массовую долю примесей в исходной смеси. Считайте, что примеси инертны, но растворимы в воде.

**Решение**

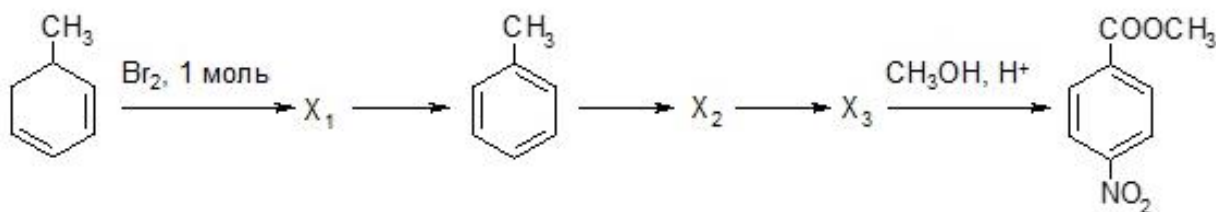
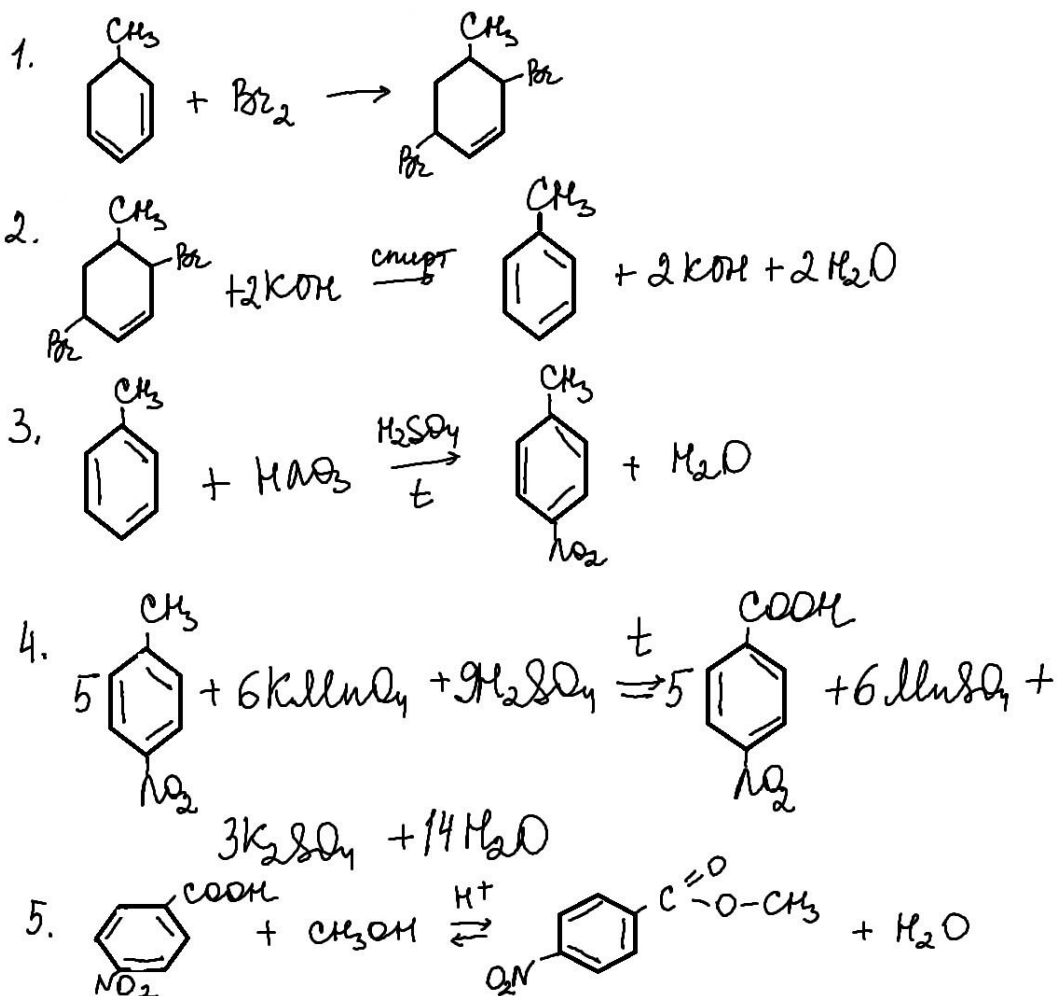
1. Запишем уравнения реакций  
(1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + 2\text{NaNO}_3$   
(2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HNO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2. Вычислим количества продуктов реакции  
 $n(\text{CaCO}_3) = m : M = 9 : 100 = 0,09$  моль  
 $n(\text{CO}_2) = V : V_M = 1,344 : 22,4 = 0,06$  моль
3. Вычислим количества веществ в исходном образце  
 $n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,09$  моль  
 $n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 0,09$  моль  
 $n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) + n_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,09 + 0,06 = 0,15$  моль  
 $m(\text{исх. смеси}) : m(\text{части}) = 5 : 3 \Rightarrow$   
 $n_{\text{в см.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{5}{3} \cdot 0,15 = 0,25$  моль  
 $n_{\text{в см.}}(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = \frac{5}{3} \cdot 0,09 = 0,15$  моль
4. Вычислим массовую долю примесей  
 $m_{\text{в см.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n \cdot M = 0,25 \cdot 106 = 26,5$  г  
 $m_{\text{в см.}}(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0,15 \cdot 236 = 35,4$  г  
 $m(\text{прим.}) = 65 - 26,5 - 35,4 = 3,1$  г  
 $\omega(\text{прим.}) = 3,1 : 65 = 0,0477$  или 4,77%

**Система оценивания**

Уравнения реакций - 2 х 1,5 б.	3 балла
Расчет количества продуктов реакции	2 балла
Расчёт количества веществ в исходном образце	4 балла
Определение массовой доли примесей	1 балл
<b>Всего 10 баллов.</b>	

**Задача 11.2 (Дацук Е.А., Степенин А.А.)**

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ

**Решение**

Возможны другие варианты решения, не искажающие смысла

**Система оценивания**

За каждое уравнение реакции с использованием структурных формул органических веществ - 2 балла

10 баллов

**Всего 10 баллов.**

## Задание 11.3 (Региональный этап ВОШХ)

Элемент X образует три газообразных соединения с кислородом. Все газы бесцветны, два не имеют запаха, а третий пахнет непереносимо. Последний легко полимеризуется в тёмно-бурое вещество с молярной массой 2720 г/моль. Массовая доля кислорода в одном из соединений равна 47,1%, а в другом – 72,7%.

1. Определите формулы всех трёх соединений.
2. Предложите их структурные формулы.
3. Найдите молекулярную формулу полимера.

Решение (Е.А. Попова)

Газ А

 $X:O$ 

$$\frac{52,9}{X} : \frac{47,1}{16}$$

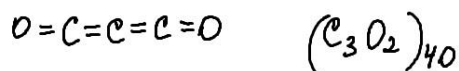
$$\frac{52,9}{X} : 2,94375$$

$$N_X:N_O = 1:1 \Rightarrow X = 17,9 \ominus$$

$$N_X:N_O = 1:2 \Rightarrow X = 0,03 \ominus$$

$$N_X:N_O = 2:3 \Rightarrow X = 30 \ominus$$

$$N_X:N_O = 3:2 \Rightarrow X = 12 - \text{это углерод}$$

Газ А –  $C_3O_2$   $M = 68$  г/мольПолимер  $(C_3O_2)_n$ ;  $n = \frac{2720}{68} = 40$ Третий газ – CO  

$$C \overset{\text{г.а.}}{\equiv} O$$

Газ Б

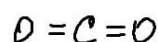
 $X:O$ 

$$\frac{27,3}{X} : \frac{72,7}{16}$$

$$\frac{27,3}{X} : 4,54375$$

$$N_X:N_O = 1:1 \Rightarrow X = 6 \ominus$$

$$N_X:N_O = 1:2 \Rightarrow X = 12 !$$

Газ Б –  $CO_2$ 

Возможны другие варианты решения, не искажающие смысла

## Система оценивания

Определение элемента X

1 балл

Расчет и определение молекулярной формулы газа А

3 балла

Расчет и определение молекулярной формулы газа Б

2 балла

Структурные формулы соединений углерода – 1 б. х 3

3 балла

Молекулярная формула полимера

1 балл

Всего – 10 баллов.

**Задача 11.4** (Химия: сборник олимпиадных задач. 9 – 11 классы: учебно-методическое пособие / под редакцией В.Н. Доронькина. – Ростов н/Д: Легион, 2019 – 288 с. – (Готовимся к олимпиаде))

Некоторые легковоспламеняющиеся и горючие вещества способны самовоспламеняться при взаимодействии с кислородом. Составьте уравнение реакции горения толуола и на основании расчета изменения изобарно-изотермического потенциала  $\Delta G$  по данным, приведенным в таблице, для стандартной температуры определите, каким образом, полностью или частично, необходимо заполнить цистерну при перевозке этого вещества.

Вещество	$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}$ , кДж/моль	$\Delta S^{\circ}$ , Дж/моль
Толуол	8	219
Кислород	0	205
Вода (г)	242	189
Оксид углерода (IV)	394	214

**Решение:**

Для того чтобы сделать вывод о возможности самопроизвольного протекания реакции, необходимо вычислить величину изобарно-изотермического потенциала  $\Delta G$ :

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S \quad (1)$$

Величина энтальпии  $\Delta H$  может быть найдена по следствию из закона Гесса как разность теплот образования продуктов реакции и теплот образования исходных веществ:

$$\Delta H_{\text{х.р.}} = (\sum \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}})_{\text{продукты}} - (\sum \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}})_{\text{исходные вещ-ва}} \quad (2)$$

величина изменения энтропии  $S$  рассчитывается по формуле

$$\Delta S = (\sum S^{\circ})_{\text{продукты}} - (\sum S^{\circ})_{\text{исходные в-ва}} \quad (3)$$

где  $\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}$  и  $S^{\circ}$  – стандартные величины энтальпии и энтропии, приведенные в таблице,  $T$  – абсолютная температура.

Реакция может протекать самопроизвольно, если при этом величина изобарного потенциала уменьшается, т.е.  $\Delta G < 0$ .

Для реакции горения толуола  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  находим изменение изобарно-изотермического потенциала:

- Уравнение реакции горения:  
 $\text{C}_7\text{H}_8 + 9\text{O}_2 = 7\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O};$
- Тепловой эффект реакции горения по уравнению (2):  
 $\Delta H = |7\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) + 4\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O})| - |\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{C}_7\text{H}_8) + 9\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(\text{O}_2)| = |7 \cdot (-394) + 4 \cdot (-242)| - |(8) + 9 \cdot 0| = -3734 \text{ кДж};$
- Изменение энтропии по уравнению (3):  
 $\Delta S = |7S^{\circ}(\text{CO}_2) + 4S^{\circ}(\text{H}_2\text{O})| - |S^{\circ}(\text{C}_7\text{H}_8) + 9S^{\circ}(\text{O}_2)| = |7 \cdot 214 + 4 \cdot 189| - |219 + 9 \cdot 205| = 190 \text{ Дж/К} = 0,190 \text{ кДж/К};$
- По уравнению (1) вычисляем изменение изобарно-изотермического потенциала  $\Delta G$ :  
 $\Delta G = -3734 - 289 \cdot 0,190 = -3790,62 \text{ кДж}.$

Т. к. величина  $\Delta G$  для этой реакции отрицательна, то реакция взаимодействия с кислородом может происходить самопроизвольно, следовательно, при перевозке необходимо цистерну заполнять полностью.

**Возможны другие варианты решения, не искажающие смысла**

**Система оценивания**

Уравнение реакции горения	2 балла
Расчет теплового эффекта реакции горения по уравнению (2)	3 балла
Расчет изменения энтропии по уравнению (3)	2 балла
Вычисление изменения изобарно-изотермического потенциала $\Delta G$	2 балла
Обоснование ответа	1 балл

**Всего 10 баллов.**

**Задача 11.5** (Химия: сборник олимпиадных задач. 9 – 11 классы: учебно-методическое пособие / под редакцией В.Н. Доронькина. – Ростов н/Д: Легион, 2019 – 288 с. – (Готовимся к олимпиаде))

В неподписанных пробирках находятся метиловый эфир масляной кислоты, изопропиловый спирт, пропантриол – 1, 2, 3 и пропионовая кислота. Как определить в какой из пробирок находится какое вещество? Если для проведения идентификации требуется проведение химической реакции, то запишите уравнение данного процесса.

**Решение:**

1.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$  – растворимое в воде вещество с характерным запахом, напоминающем запах уксусной кислоты; может быть идентифицирована по запаху;
2.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$  – метилбутаноат (метиловый эфир масляной кислоты) – нерастворимое в воде вещество с приятным запахом, может быть идентифицирован по запаху;
3.  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  – глицерин (пропантриол – 1,2,3) относится к многоатомным спиртам, качественная реакция – растворение  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  с образованием раствора ярко-синего цвета:  

$$2\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 + \text{Cu}(\text{OH})_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cu}(\text{CH}_2\text{O})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH})_2$$
4.  $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$  – пропанол – 2 (изопропиловый спирт), растворимое в воде вещество, образует сложные эфиры с приятным запахом:  

$$(\text{CH}_3)_2\text{CHOH} + \text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COOCH}(\text{CH}_3)_2$$

**Возможны другие варианты решения, не искажающие смысла**

**Система оценивания:**

Определение каждого вещества – 2 балла	8 баллов
Уравнения реакций	2 балла

**Всего 10 баллов.**

**Общее количество баллов – 50.**

**Допускаются другие варианты решения задач, не искажающие смысл.**

При отправке детей на региональный этап олимпиады не забудьте про экспериментальный тур, где требуется защищающий одежду ХАЛАТ!