

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

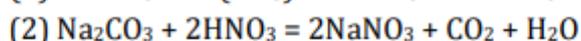
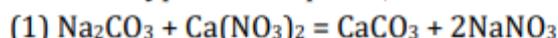
11 класс

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



2. Вычислим количества продуктов реакции

$$n(\text{CaCO}_3) = m : M = 9 : 100 = 0,09 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = V : V_M = 1,344 : 22,4 = 0,06 \text{ моль}$$

3. Вычислим количества веществ в исходном образце

$$n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,09 \text{ моль}$$

$$n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 0,09 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) + n_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,09 + 0,06 = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{исх. смеси}) : m(\text{части}) = 5 : 3 \Rightarrow$$

$$n_{\text{в см.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{5}{3} \cdot 0,15 = 0,25 \text{ моль}$$

$$n_{\text{в см.}}(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = \frac{5}{3} \cdot 0,09 = 0,15 \text{ моль}$$

4. Вычислим массовую долю примесей

$$m_{\text{в см.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n \cdot M = 0,25 \cdot 106 = 26,5 \text{ г}$$

$$m_{\text{в см.}}(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0,15 \cdot 236 = 35,4 \text{ г}$$

$$m(\text{прим.}) = 65 - 26,5 - 35,4 = 3,1 \text{ г}$$

$$\omega(\text{прим.}) = 3,1 : 65 = 0,0477 \text{ или } 4,77\%$$

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

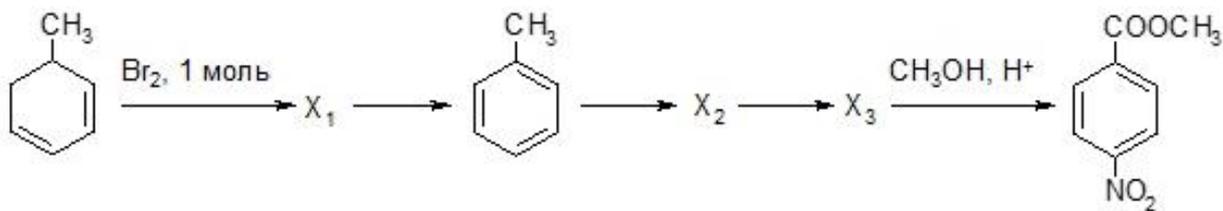
Определение массовой доли примесей

1 балл

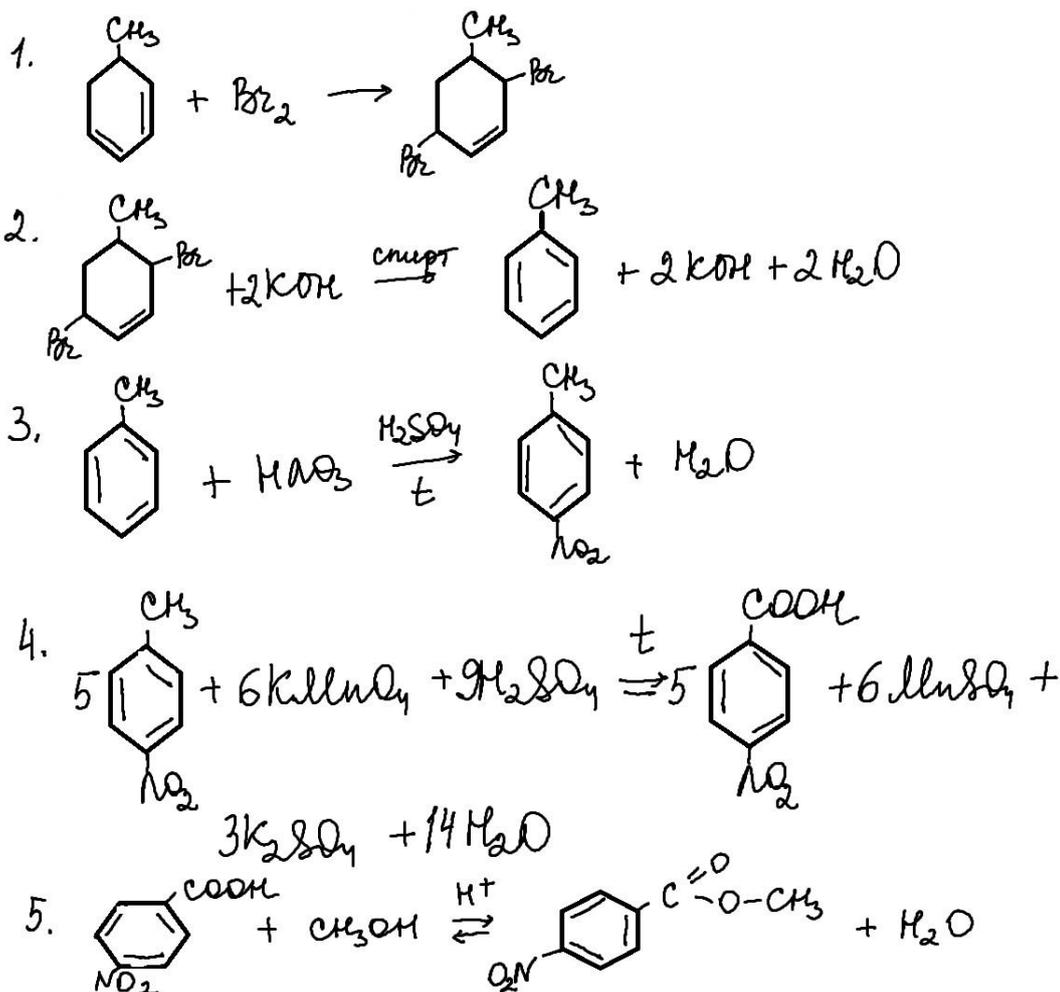
Всего 10 баллов.

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

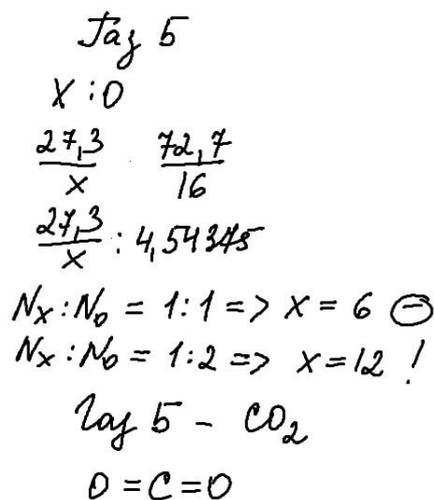
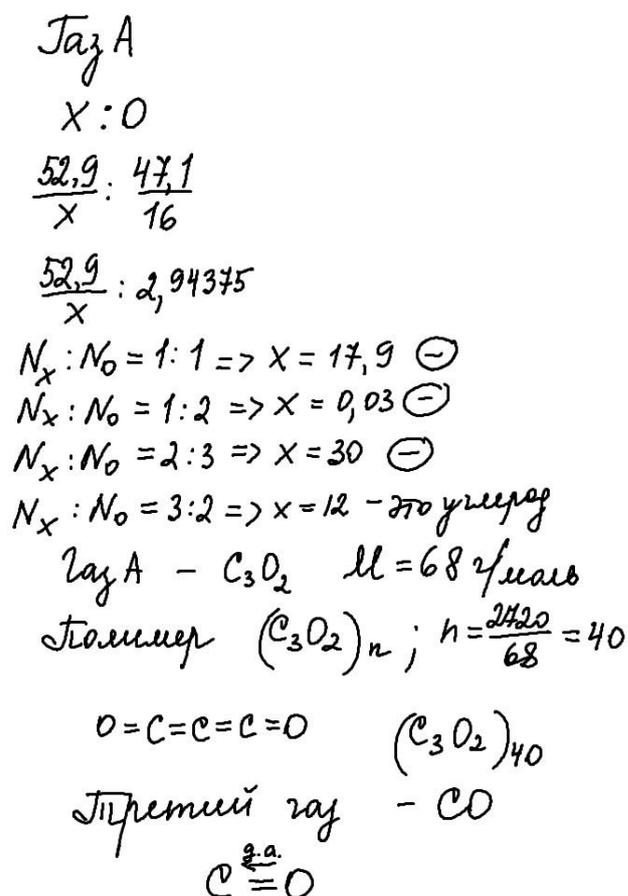
10 баллов
Всего 10 баллов.

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)



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 самовоспламениться при взаимодействии с кислородом. Составьте уравнение реакции горения толуола и на основании расчета изменения изобарно-изотермического потенциала ΔG 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	ΔS° , 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 ΔG :

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

Величина энтальпии ΔH 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° – 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 $C_6H_5CH_3$ находим изменение изобарно-изотермического потенциала:

- Уравнение реакции горения:
 $C_7H_8 + 9O_2 = 7CO_2 + 4H_2O$;
- Тепловой эффект реакции горения по уравнению (2):
 $\Delta H = |7\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(CO_2) + 4\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(H_2O)| - |\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(C_7H_8) + 9\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}(O_2)| = |7 \cdot (-394) + 4 \cdot (-242)| - |(8) + 9 \cdot 0| = -3734 \text{ кДж}$;
- Изменение энтропии по уравнению (3):
 $\Delta S = |7S^{\circ}(CO_2) + 4S^{\circ}(H_2O)| - |S^{\circ}(C_7H_8) + 9S^{\circ}(O_2)| = |7 \cdot 214 + 4 \cdot 189| - |219 + 9 \cdot 205| = 190 \text{ Дж/К} = 0,190 \text{ кДж/К}$;
- По уравнению (1) вычисляем изменение изобарно-изотермического потенциала ΔG :
 $\Delta G = -3734 - 289 \cdot 0,190 = -3790,62 \text{ кДж}$.

Т. к. величина ΔG 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 ΔG	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:

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

$$2\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 + \text{Cu}(\text{OH})_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cu}(\text{CH}_2\text{O})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH})_2$$
- $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ – 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!