

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии 11 класс
2023-2024 учебный год**

Общее время выполнения работы – 4 часа.

Общие указания: если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается. Используйте Периодическую таблицу химических элементов, таблицу растворимости и непрограммируемый калькулятор.

Максимальное количество баллов – 58 баллов

Задание 11-1. (10 баллов)

При пропускании паров воды через оксид кальция масса реакционной смеси увеличилась на 9,65%. Определите процентный состав полученной твердой смеси.

Критерии оценивания

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<i>Запишем уравнения химической реакции:</i> $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$	1
<i>Конечная смесь является твердым веществом и может состоять только из гидроксида кальция или смеси оксида с гидроксидом кальция, поэтому можно сделать вывод, что вода прореагировала полностью и прирост массы реакционной смеси равен массе прореагировавшей воды.</i>	1
<i>Проведем расчеты:</i> <i>пусть исходное количество оксида кальция равно x моль, тогда:</i> <i>масса прореагировавшей воды:</i> $m(H_2O) = M(CaO) \cdot n(CaO_{исх}) \cdot \omega = (40+16) \cdot x \cdot 0,0965 = 5,4x$	1
<i>Количество моль прореагировавшей воды: $n(H_2O) = 5,4x / 18 = 0,3x$</i> <i>т.к. по уравнению реакции CaO и H_2O реагируют в соотношении 1:1,</i> <i>количество реагирующих веществ равны:</i> $n(CaO_{реаг}) = n(H_2O) = n(Ca(OH)_2) = 0,3x$	1
<i>Зная количества веществ можно определить массы оставшегося CaO и образовавшегося $Ca(OH)_2$:</i> $n(CaO) = x - 0,3x = 0,7x$ $m(CaO_{ост.}) = 0,7 \cdot x \cdot (40+16) = 39,2x,$	2
$m(Ca(OH)_2) = (40+32+2) \cdot 0,3x = 22,2x$	1
<i>При этом общая масса конечной смеси:</i> $m(смеси) = 39,2x + 22,2x = 61,4x$	1
$\omega(CaO) = 39,2x / 61,4x \cdot 100\% = 63,84\%$ $\omega(Ca(OH)_2) = 22,2x / 61,4x \cdot 100\% = 36,16\%$	2
Итого	10

Те же результаты можно получить, предположив, что исходная смесь содержит 1 моль оксида кальция, т.е. $x = 1$.

Система оценивания:

1 Уравнение химической реакции 1 балла

2 Обоснованный вывод о том, что вода прореагировала полностью 1 балл

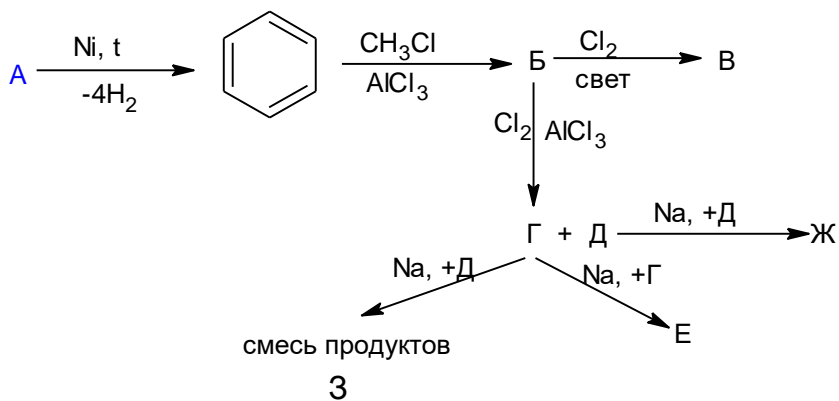
3 Обоснованный вывод о том, что представляет собой полученная смесь 2 балла

4 Расчет массы CaO в полученной смеси 2 балла

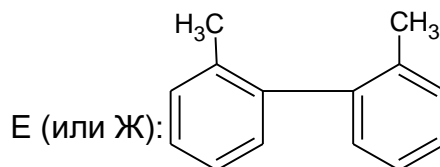
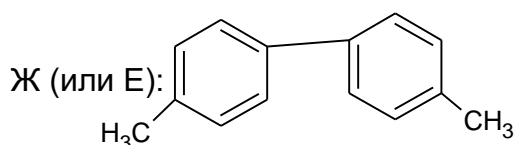
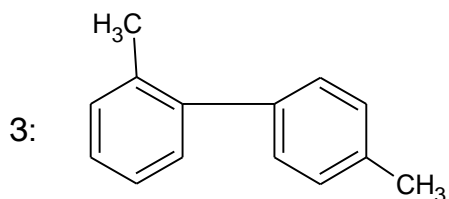
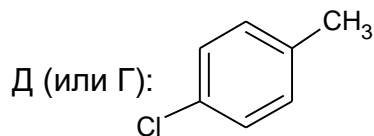
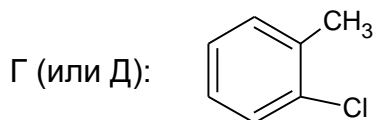
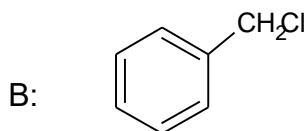
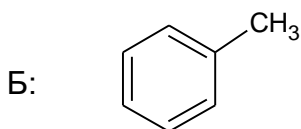
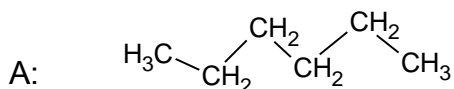
- 5 Расчет массы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в полученной смеси 1 балл
 6 Расчет массы полученной смеси 1 балл
 7 Расчет $w(\text{CaO})$ 1 балл
 8 Расчет $w(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ 1 балл
 ИТОГО: 10 баллов

Задание 11-2 (10 баллов)

Дана схема следующих превращений



- Укажите структурные формулы веществ А – Ж
- Укажите структурные формулы веществ из смеси 3 продуктов.



Критерии оценивания

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 + 4\text{H}_2$ (А)	
$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_3\text{Cl} \xrightarrow{\text{AlCl}_3} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{HCl}$ (Б)	
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{свет} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$ (В)	
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{AlCl}_3} \text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3$ (орто-хлортолуол) + HCl (Г или Д) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{AlCl}_3} \text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3$ (пара-хлортолуол) + HCl (Д или Г)	
2 Орто-хлортолуол + $2\text{Na} \rightarrow$ вещество (Е) или (Ж) + 2NaCl 2 Пара-хлортолуол + $2\text{Na} \rightarrow$ вещество (Ж) или (Е) + 2NaCl	
Орто-хлортолуол + пара-хлортолуол + $2\text{Na} \rightarrow$ вещество 3 + Г + Д	
За уравнения реакций и формулы веществ А – Ж	1*7=7 б.
За вещества смеси	1*3=3 б.
ИТОГО	10 б.

Задание 11-3 (16 баллов).

Три изомерных углеводорода (А, В, С), массовая доля водорода в которых составляет 14,3 % и относительная плотность паров которых по гелию равна 21, обесцвечивают бромную воду и легко окисляются водным раствором перманганата калия. При жёстком окислении (перманганатом калия в кислой среде) изомер А образует кетон и карбоновую кислоту, изомер В – смесь двух разных кислот, изомер С – только одну карбоновую кислоту. При гидратации изомеров В и С образуются вторичные спирты, а при гидратации изомера А – третичный спирт.

1. Определите молекулярную и структурные формулы изомеров А, В и С, назовите их, используя правила систематической номенклатуры.

2. Напишите уравнения следующих реакций:

а) взаимодействия изомера А с бромной водой;

б) взаимодействия изомера В с водным раствором перманганата калия;

в) окисления изомеров А, В и С подкисленным раствором перманганата калия;

г) гидратации всех трёх изомеров.

Назовите продукты реакций и укажите условия их протекания.

3. Могут ли соединения А, В и С существовать в виде цис-транс-изомеров? Если да, то приведите соответствующие структурные формулы.

Критерии оценивания

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Определение молекулярной и структурных формул изомеров А, В и С. 1). Формула искомого углеводорода – C_xH_y . Допустим, что $m(\text{C}_x\text{H}_y) = 100$ г, тогда $m(\text{C}) = 85,7$ г, $m(\text{H}) = 14,3$ г $n(\text{C}) = 85,7 / 12 = 7,14$ моль; $n(\text{H}) = 14,3 / 1 = 14,3$ моль. $x : y = n(\text{C}) : n(\text{H}) = 7,14 : 14,3 = 1 : 2$. Простейшая формула – CH_2 ; $M(\text{CH}_2) = 14$ г/моль. $M(\text{C}_x\text{H}_y) = 42 \cdot 2 = 84$ г/моль, 2). $84 : 14 = 6$, следовательно, $x = 6$, $y = 12$ Молекулярная формула углеводородов – C_6H_{12}	3
3) Исходя из описания химических свойств изомеров А, В и С, эти углеводороды относятся к алкенам.	

углеродом при высоких температурах. Вещество **В** и углерод образуют солеобразное соединение **Д** и газ **Е**, который одновременно является продуктом реакции между соединением **С** и углеродом, а также газ **Е** является одним из компонентов синтез-газа. Вещества **В**, **С** и **Д** реагируют с водой, то в двух реакциях образуется соединение **Ф** основного характера и соединения **Н** и **Г**, два последних содержат заменяемый с помощью металлов водород. При пропускании вещества **Н** над активированным углем при $t = 600^{\circ}\text{C}$ можно получить ароматическое соединение. К веществу **Н** можно каталитически присоединить и воду, и хлористый водород, и в том, и в другом случае Вы получите важные исходные вещества органической химии, **К** и **И** соответственно, которые легко доступны, и из них можно получить в частности, пластическое вещество **Л**, спирт **М** и кислоту **Н**. Если вещество **С** поместить в насыщенный раствор **Ф**, то сначала образуется вещество **А**, который постепенно растворяется при дальнейшем пропускании через раствор вещества **С** и превращается в вещество **Р**. Вещество **Д** дает при температуре 1073K с компонентом воздуха технически важный продукт **Q**, из которого ранее получали аммиак путем добавления воды.

1. Укажите формулы веществ **А**, **В**, **С**, **Д**, **Е**, **Ф**, **Г**, **Н**, **И**, **К**, **Л**, **М**, **Н**, **Р**, **Q** и дайте их названия.

2. Приведите все уравнения реакций, о которых идет речь в задаче.

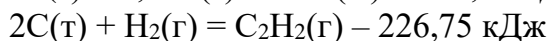
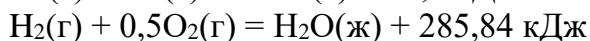
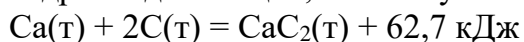
Критерии оценивания

Критерии. Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>1. Определены вещества и даны их названия (за каждое по 0,5 балла); А - CaCO_3 (карбонат кальция); В - CaO (оксид кальция) С - CO_2 (оксид углерода (IV)); Д - CaC_2 (карбид кальция); Е - CO (оксид углерода (II)); Ф - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (гидроксид кальция) Н - C_2H_2 (ацетилен); Г - H_2CO_3 (угольная кислота) К - $\text{CH}_3 - \text{COH}$ (этаналь); И - $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$ (хлорэтен) Л - $(-\text{CH}_2 - \text{CHCl}-)_n$ (поливинилхлорид); М - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (этанол) Н - CH_3COOH (уксусная кислота); А - CaCO_3 (карбонат кальция) Р - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (гидрокарбонат кальция); Q - CaCN_2 (цианамид кальция)</p>	8
<p>2. Приведены уравнения реакций (по 0,5 балла за каждое)</p> $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \quad (1)$ $\text{CaO} + \text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO} \quad (2)$ $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO} \quad (3)$ $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 \quad (4)$ $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \quad (5)$ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \quad (6)$ $3\text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \quad (7)$ $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{COH} \quad (8)$ $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl} \quad (9)$ $n\text{CH}_2 = \text{CHCl} \rightarrow (-\text{CH}_2 - \text{CHCl}-)_n \quad (10)$ $\text{CH}_3 - \text{COH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \quad (11)$ $\text{CH}_3 - \text{COH} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (12)$ $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} \quad (13)$ $\text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \quad (14)$ $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 = \text{CaCN}_2 + \text{C} \quad (15)$	8

$\text{CaCN}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_3 + \text{CaCO}_3$ (16)	
Максимальный балл	16

Задание 11-5 (6 баллов).

Взаимодействие 128 г карбида кальция с водой сопровождается выделением 253,76 кДж теплоты. Вычислите стандартную теплоту образования кристаллического гидроксида кальция, используя тепловые эффекты следующих реакций:



а также реакции взаимодействия карбида кальция с водой. Рассчитайте, какая масса карбида кальция потребуется для получения 1 м³ ацетилена

Критерии оценивания.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Напишем уравнение взаимодействия карбида кальция с водой: $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ (1)	1
Определим, какое количество карбида кальция вступило в реакцию: $n(\text{CaC}_2) = 128:64 = 2 \text{ моль}$	1
Тогда тепловой эффект данной химической реакции равен: При взаимодействии 2 моль CaC_2 выделяется 253,76 кДж теплоты При взаимодействии 1 моль CaC_2 выделяется X кДж теплоты $X = 253,76/2 = 126,88 \text{ кДж}$	1
Чтобы вычислить теплоту образования гидроксида кальция, запишем уравнение для расчета теплового эффекта уравнения реакции (1): $Q_{\text{хр}} = Q_{\text{обр}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] + Q_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CaC}_2) - 2Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O})$	1
Так как тепловые эффекты представленных в условии реакций представляют собой теплоты образования карбида кальция, ацетилена и воды, то: $Q_{\text{обр}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = Q_{\text{хр}} - Q_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_2) + Q_{\text{обр}}(\text{CaC}_2) + 2Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O})$ $Q_{\text{обр}}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 126,88 - (-226,75) + 62,7 + 2 \cdot 285,84 = 988,01 \text{ кДж/моль}$	1
1 м ³ ацетилена при нормальных условиях содержит $1000/22,4 = 44,64$ моль ацетилена. Согласно уравнению реакции (1): $n(\text{CaC}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2) = 44,64 \text{ моль}$ $m(\text{CaC}_2) = 44,64 \cdot 64 = 2856,96 \text{ г (2,857 кг)}$	1
Максимальный балл	6