

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии 10 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 – 54 балла**

**Задание 10-1 (8 баллов).**

Две пробирки наполнены на одну треть каждая прозрачными растворами гидроксида натрия и хлорида алюминия. Количества растворенных веществ в растворах эквивалентны друг другу, т.е. реактивы после смешивания полностью прореагируют между собой без остатка с образованием максимального количества осадка. Имея только эти две пробирки с растворами и ничего более, распознайте пробирку с раствором щелочи и пробирку с раствором соли. Ответ мотивируйте.

**Критерии оценивания**

<b>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</b>	<b>Баллы</b>
1. Определение порядка сливания. Все зависит от порядка сливания (что к чему приливать по каплям)	2
2. Если к раствору хлорида алюминия приливать по каплям раствор гидроксида натрия, то осадок будет образовываться сразу же после первых капель добавленного раствора щелочи: $AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3\downarrow + 3NaCl$	2
3. Далее в избытке щелочи образовавшийся осадок растворится: $Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$	2
4. Если же к раствору гидроксида натрия приливать по каплям раствор хлорида алюминия, то избыток щелочи на начальном этапе будет препятствовать образованию осадка; осадок будет образовываться только с добавлением последних порций раствора соли, т.е. в избытке соли.	2
Всего	8

**Задание 10-2 (10 баллов).**

1) Известно, что в качестве разрыхлителя для теста используется пищевая сода (бикарбонат или гидрокарбонат натрия), так как в результате термического разложения этого соединения или при взаимодействии с кислотой образуется газ, разрыхляющий тесто. В качестве кислоты может быть, например, мед, имеющий  $pH < 7$ . Напишите уравнения упомянутых реакций. Уравнение реакции с кислотами напишите в ионной форме, чтобы не писать все кислоты, которые могут встречаться в продуктах питания.

2) В качестве разрыхлителя можно использовать другую смесь (есть в продаже под названием «Разрыхлитель»). В состав смеси входит дигидрофосфат натрия и гидрокарбонат натрия. Напишите уравнение реакций, которые могут протекать при их взаимодействии (в ионной форме) и нагревании в растворе.

3) Можно приготовить смесь, содержащий карбонат и гидрокарбонат аммония. Напишите уравнения реакций: а) при нагревании этой смеси; б) при нагревании водного раствора этой смеси.

4) Что лучше разрыхляет тесто: пищевая сода, «Разрыхлитель» или смесь карбонатов и гидрокарбонатов аммония.

#### Критерии оценивания

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{t} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$	1
2) С кислотами реагирует только гидрокарбонат-ион: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow [\text{H}_2\text{CO}_3] \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ или $\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ угольная кислота $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ неустойчива, поэтому писать ее в качестве продукта реакции нельзя.	1
Гидрокарбонат натрия в воде диссоциирует на ионы: $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	1
При нагревании смеси «Разрыхлитель» в растворе протекает реакция: $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$	1
3) При нагревании солей аммония протекают следующие реакции: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t} 2\text{NH}_3\uparrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3 \xrightarrow{t} \text{NH}_3\uparrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	2
В растворе: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 (\text{p-p}) \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{CO}_3^{2-}$ $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^-$ $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$	2
В растворе: $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3 (\text{p-p}) \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^-$ $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$	1
4) При использовании смеси солей аммония (образуется больше газа, а, значит, сильнее разрыхляется тесто), можно предложить, что карбонат аммония и гидрокарбонат аммония можно использовать как более качественный разрыхлитель	1
Всего	10

#### Задание 10-3 (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.



ж) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (вторичный спирт)	1
з) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	1
3. Изомеры В и С имеют геометрические изомеры, изомер А – не имеет. транс-гексен-2, цис-гексен-2; транс-гексен-3, цис-гексен-3	2
<b>ИТОГО</b>	<b>16</b>

### Система оценивания.

Определение молекулярной формулы изомеров А, В, С - 3 балла

Определение структурных формул изомеров А, В, С и составление их названий - 3 балла

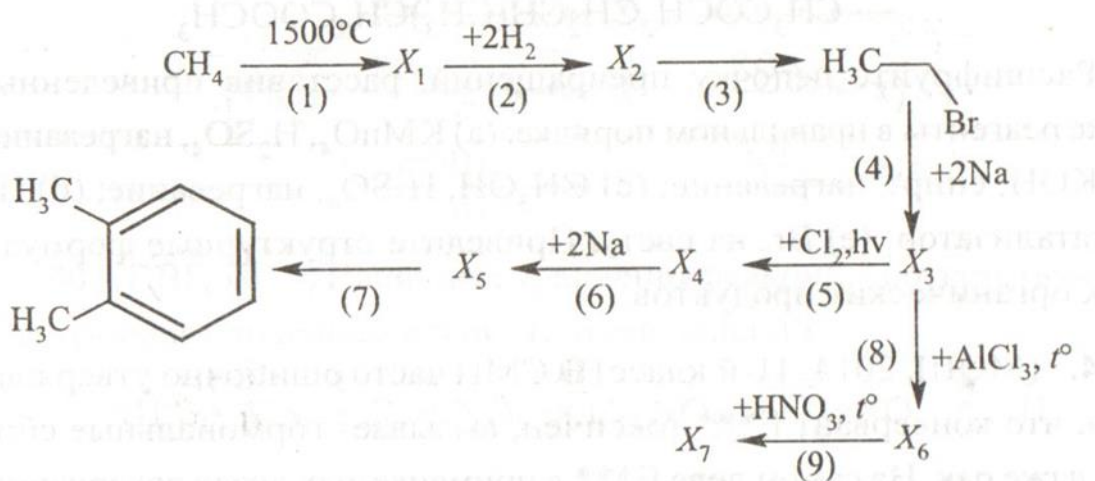
Уравнения реакций (а)–(з) с использованием структурных формул изомеров (по 1 баллу за уравнение реакции), всего 8 баллов

Структурные формулы геометрических изомеров - 2 балла

**Итого: 16 баллов**

### Задание 10-4 (9 баллов).

Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:



### Критерии оценивания.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) $2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{CH}\equiv\text{CH} + 3\text{H}_2$	1
2) $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$	1
3) $\text{CH}_3-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{свет}} \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Br} + \text{HBr}$	1
4) $2\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{Na} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + 2\text{NaBr}$	1
5) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{свет}} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-\text{CH}_3 + \text{HCl}$	1
6) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-\text{CH}_3 + 2\text{Na} \xrightarrow{t} \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	1
7) $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{t, \text{Pt}} \text{1,2-диметилбензол} + 4\text{H}_2$	1
8) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{t, \text{AlCl}_3} \text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$	1
9) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3 \xrightarrow{t, \text{HNO}_3} \text{CH}_3-\text{C}(\text{NO}_2)(\text{CH}_3)-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1

**Задание 10-5 (5 баллов)**

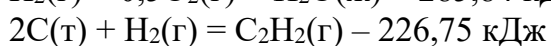
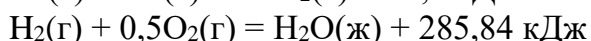
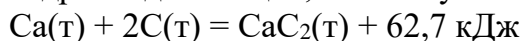
При сгорании органического вещества **А** получили 10,56 г углекислого газа, 2,43 г бромоводорода и 4,32 г воды. Вещество **А** образуется при взаимодействии углеводорода **Б** с бромом. Известно, что вещество **А** содержит два четвертичных атома углерода. На основании данных условия задания: 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества и запишите молекулярную формулу исходного органического вещества; 2) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле; 3) напишите уравнение бромирования углеводорода **Б** с образованием вещества **А**; 4) составьте формулы изомеров углеводорода **Б** с пятью атомами углерода в главной цепи.

**Критерии оценивания.**

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Общая формула вещества – $C_xH_yBr_z$ 1) Найдены количества вещества продуктов сгорания и определена молекулярная формула вещества: $n(CO_2) = 10,56 / 44 = 0,24$ моль $n(H_2O) = 4,32 / 18 = 0,24$ моль $n(HBr) = 2,43 / 81 = 0,03$ моль $n(C) = n(CO_2) = 0,24$ моль $n(H) = 2n(H_2O) + n(HBr) = 0,51$ моль $n(Br) = n(HBr) = 0,03$ моль $x : y : z = 0,24 : 0,51 : 0,03 = 8 : 17 : 1$ Молекулярная формула – $C_8H_{17}Br$	<b>1</b>
2) Составлена структурная формула вещества $CH_3(CH_3)_2C-C(CH_3)_2-CH_2-Br$	<b>1</b>
3) Составлено уравнение реакции: $CH_3(CH_3)_2C-C(CH_3)_2-CH_3 + Br_2 = CH_3(CH_3)_2C-C(CH_3)_2-CH_2-Br + HBr$	<b>1</b>
4) $CH_3-C(CH_3)_2-C(CH_3)-CH_2CH_3$ ; $CH_3C(CH_3)_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$ $CH_3-CH(CH_3)-C(CH_3)_2-CH_2-CH_3$ ; $CH_3-CH(CH_3)-CHCH_3-CH(CH_3)-CH_3$	<b>2</b>
<b>Максимальный балл</b>	<b>5</b>

**Задание 10-6 (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 м<sup>3</sup> 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:	<b>1</b>

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