

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2025 -2026 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 100 баллов

Задание 10.1.

Масса воды, образовавшейся при сгорании предельного углеводорода, в 1,956 раз меньше массы образовавшегося оксида углерода (IV).

Вопросы

1. Определите состав молекулы предельного углеводорода. Приведите соответствующие расчеты.
2. Какое число изомеров соответствует условию задачи? Напишите структурные формулы и дайте названия изомеров.
3. Какой объём кислорода (при н.у.) необходим для полного сгорания 580 г данного углеводорода?
4. В каком соотношении надо смешать данный углеводород (в газообразном состоянии) с кислородом, чтобы после полного сгорания углеводорода и конденсации водяных паров получилась смесь, объем которой в 1,3333 раз меньше объема исходной газовой смеси углеводорода и кислорода? Объёмы исходной и образующейся газовых смесей рассматривать при равных условиях (температура и давление).

Критерии оценивания

Содержание ответа	Балл
1. Запишем в общем виде схему горения предельного углеводорода: $C_nH_{2n+2} + (1,5n+0,5) O_2 = nCO_2 + (n+1) H_2O$	2 балла
Выразим отношение массы воды к массе углекислого газа: $(n+1) \cdot 18 / (n \cdot 44) = 1 / 1,956$ Решаем уравнение и получаем $n = 4$	2 балла
Состав молекулы можно выразить формулой: C_4H_{10}	1 балл
2. Число изомеров – 2 Бутан: $CH_3CH_2CH_2CH_3$ Изобутан (метилпропан): $CH_3CH(CH_3)CH_3$	2 балла
3. Запишем уравнение горения бутана (или изобутана) в кислороде: $C_4H_{10} + 6,5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$ $n(C_4H_{10}) = 580 \text{ г} / 58 \text{ г/моль} = 10 \text{ моль}$ $n(O_2) = 10 \cdot 6,5 = 65 \text{ моль}$ $V(O_2) = 22,4 \cdot 65 = 1456 \text{ литров или } 1,456 \text{ м}^3$	3 балла
4. Пусть $n(O_2)_{изб.} = x \text{ моль}$, тогда $n(O_2)_{исх} = (x + 6,5) \text{ моль}$ До реакции горения: $n(\text{газа})_{нач.} = n(C_4H_{10}) + n(O_2)_{исх} = 1 + (x + 6,5)$ После сгорания: $n(\text{газа}) = n(CO_2) + n(O_2)_{изб} = 4 + x$ $(n(C_4H_{10}) + n(O_2)_{исх}) / (n(CO_2) + n(O_2)_{изб}) = (1 + x + 6,5) / (4 + x) = 1,3333$ $x = 6,5 \text{ моль}$ $n(O_2)_{исх} = (x + 6,5) = 13 \text{ моль}$ Следовательно, $n(C_4H_{10}) / n(O_2)_{исх} = 1/13$	10 баллов
ИТОГО	20 баллов

Внимание! Задача может быть решена разными способами. Не следует снижать оценку, если задача решена оригинальным способом.

Задание 10.2.

Пероксид натрия используется в системах регенерации воздуха, на подводных лодках или в космических кораблях, так как в реакции с углекислым газом образуется кислород.

В цилиндр высотой 1 м и диаметром основания 40 см закачали углекислый газ, масса цилиндра при этом увеличилась на 246,4 г. Затем добавили пероксид натрия массой 200 г, предположительно, содержащий примеси, которые не вступают в реакцию с углекислым газом. Цилиндр закрыли. Через определенное время давление в цилиндре уменьшилось на 20%. Температура оставалась неизменной и была равна 20°C.

Вопросы

1. Написать уравнение реакции пероксида натрия с углекислым газом.
2. Почему давление в цилиндре уменьшилось?
3. Рассчитать первоначальное давление (до реакции).
4. Определить парциальное давление выделившегося объема кислорода
5. Определить % примесей в образце пероксида натрия
6. Привести пример еще одной реакции с выделением кислорода, в которую вступает пероксид натрия.

Примечание

1. $V_{\text{цилиндра}} = \pi r^2 h$

2. Уравнение Менделеева- Клайперона: $PV = nRT$,

где P – давление (кПа), V – объем (л), n – количество моль,

$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ – универсальная газовая постоянная, T – температура Кельвина ($T^\circ\text{K} = t^\circ\text{C} + 273$)

3. $1 \text{ атм} = 101 \text{ кПа}$

Критерии оценивания

Содержание ответа	Балл
1. Приведено уравнение реакции $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ Дано объяснение, что снижения давления происходит из-за снижения количества моль газа	4 балла (2 за реакцию, 2 за объяснение)
2. Вычислено первоначальное давление в цилиндре $V_{\text{цилиндра}} = \pi r^2 h$ $V_{\text{цилиндра}} = 3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 1 = 0,1256 \text{ м}^3 = 125,6 \text{ л}$ $n(\text{CO}_2) = 246,4/44 = 5,6 \text{ моль}$ $P_{\text{нач}} = (5,6 \cdot 8,31 \cdot 293)/125,6 = 108,56 \text{ кПа}$	6 баллов
3. Определено количество моль газа после реакции Способ 1. $n = PV/RT$, $P = 108,56 - 108,56 \cdot 0,2 = 86,85 \text{ кПа}$ $n = (86,5 \cdot 125,6)/(8,31 \cdot 293) = 4,48 \text{ моль}$ Способ 2. $n = 5,6 - 0,2 \cdot 5,6 = 4,48 \text{ моль}$	2 балла
4. Найден объем кислорода, масса пероксида и % примесей Пусть прореагировало x моль CO_2 , тогда выделилось $0,5x$ моль O_2 $5,6 - x + 0,5x = 4,48$ $x = 2,24 \text{ моль} = n(\text{Na}_2\text{O}_2)$ $n(\text{O}_2) = 1,12 \text{ моль}$ $m(\text{Na}_2\text{O}_2) = 2,24 \cdot 78 = 174,72 \text{ г}$ $w(\text{примесей}) = (200-174,72)/200 = 0,1264 (12,64\%)$	4 балла
Так как мольная доля кислорода = $1,12/4,48 = 0,25$, следовательно,	2 балла

$P(O_2) = 86,85 \cdot 0,25 = 21,71 \text{ кПа}$ Возможно вычисление через уравнение Менделеева-Клайперона	
5. Приведено уравнение реакции с выделением кислорода, в которую вступает пероксид натрия. $2Na_2O_2 + 2H_2O_{(гор)} = 4NaOH + O_2 \uparrow$	2 балла
ИТОГО	20 баллов

Внимание! Задача может быть решена разными способами. Не следует снижать оценку, если задача решена оригинальным способом.

Задание 10-3

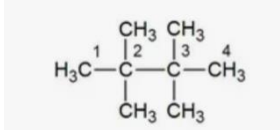
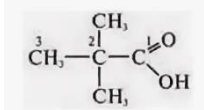
Адольф Вильгельм Герман Кольбе - немецкий химик-органик. Внёс существенный вклад в теоретическую органическую химию. Одним из его достижений является предложенный в 1849 году электрохимический метод получения насыщенных углеводородов электролизом растворов натриевых либо калиевых солей карбоновых кислот (реакция Кольбе). Реакция Кольбе стала одним из первых примеров применения электрического тока для синтеза органических соединений. Это способствовало развитию области электролитической химии и вдохновило дальнейшие исследования в этой области.

При электролизе калиевой соли монокарбоновой кислоты (**реакция 1**) выделилось 5,6 л (н.у.) водорода и образовался углеводород с массовой долей углерода 84,21%, при радикальном хлорировании которого образуется только одно монохлорпроизводное (**реакция 2**).

Вопросы

1. Определить молекулярную и структурную формулу алкана и карбоновой кислоты и написать названия данных соединений.
2. Написать уравнения реакций, о которых говорится в тексте задачи.
3. Определить массу калиевой соли монокарбоновой кислоты.
4. Написать структурные формулы изомеров найденного алкана, в состав которых входят:
 - три третичных атома углерода;
 - один четвертичный и один третичный атомы углерода;
 - только вторичные и первичные атомы углерода.
 Дать названия изомеров.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определена молекулярная формула углеводорода Пусть $m(C_xH_y) = 100 \text{ г}$, $m(C) = 84,21 \text{ г}$, $m(H) = 100 - 84,21 = 15,79 \text{ г}$ $x:y = 84,21/12 : 15,79/1 = 7,018 : 15,79 = 1 : 2,25 = 4:9 = 8 : 18$ углеводород - C_8H_{18}	4 балла
2. Определены структурные формулы и названия углеводорода и кислоты   2,2,3,3 – тетраметилбутан 2,2-диметилпропановая кислота	4 балла
3. Приведены уравнения реакций $2CH_3-C(CH_3)_2-COOK + 2H_2O \rightarrow CH_3-C(CH_3)_2-C(CH_3)_2-CH_3 + 2CO_2 + H_2 + 2KOH$ $CH_3-C(CH_3)_2-C(CH_3)_2-CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl-C(CH_3)_2-C(CH_3)_2-CH_3 + HCl$	4 балла

4. Рассчитана масса калиевой соли монокарбоновой кислоты $n(\text{H}_2) = 5,6/22,4 = 0,25$ моль, тогда $n(\text{соли}) = 0,5$ моль, $m(\text{соли}) = 0,5 \cdot 140 = 70$ г	2 балла
5. Написаны формулы и даны названия изомеров $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ 2,2,4-триметилпентан (возможны другие варианты) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ 2,3,4,- триметилпентан $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_6 - \text{CH}_3$ октан	6 баллов
ИТОГО	20 баллов

Задание 10-4

Древние греки называли простое вещество X «костью Тифона» - по имени одного из титанов, олицетворявшего огненные силы Земли. Вещество X находит широкое использование, а в истории человечества это вещество сыграло огромную роль. «Кость Тифона» привлекала и алхимиков тем, что могла превращаться в вещество Y (**реакция 1**) красного цвета, а всякий красный оттенок наводил алхимиков на мысль о близости Великой трансмутации. Получали Y не только из X, но также из вещества Z (**реакция 2**), которое называли «атраментум» (от лат. «atramentarius» – угольно-черный).

Вот древний рецепт алхимиков для получения Y: «Возьми столько, сколько захочешь, толченого *атраментума*, помести его в кувшин до половины или же по горло, пусть высохнет. А потом поставь в печь для обжига. Начни медленно в течение трех часов нагревать. Затем добавь жару и грей так еще три часа или больше, пока твой кувшин не раскалится до красноты. Восстанови обогрев через день и ночь. Охлади и достань обработанную таким образом субстанцию из кувшина. Итак, ты обладатель красного *атраментума*, который также именуют *атраментумом цветущим*. Береги его, он тебе еще понадобится, когда наступит пора духам и телам появиться в пурпурной одежде. Раствор атраментума поможет тебе придать стойкий красный цвет любой вещи».

Взаимодействие Y с веществом X при высокой температуре позволяет получить атраментум (**реакция 3**).

Вопросы

- Расшифруйте неизвестные вещества и разгадайте рецепт получения *атраментума*, если известно, что при реакции 0,100 г вещества X с 3,3 мл раствора HCl ($w(\text{HCl}) = 10,52\%$, $\rho = 1,05$ г/см³) выделяется 22,04 мл газообразного продукта массой 3,58 мг (при 26,85°C и $p = 202,6$ кПа). Проведите необходимые расчеты.
- Приведите уравнения реакций преобразования $X \rightarrow Y$, $Y \rightarrow Z$, $Z \rightarrow Y$, а также напишите уравнения реакций взаимодействия X с хлором, серой, водой (при 900°C), 70%-ной серной кислотой (при нагревании).
- При кипячении порошка «кости Тифона» в концентрированном растворе натрия гидроксида в инертной атмосфере образуется синий раствор комплексного соединения A ($w(\text{Na}) = 27,06\%$) и выделяется водород. Определите формулу A и напишите уравнение реакции. Ответ подтвердите расчетами
- Как используются «кость Тифона» и Y в наши дни? Приведите по два принципиально разных примера.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определены вещества X, Y, Z	3 балла

X – Fe, Y – Fe₂O₃, Z – FeO	
2. Проведены расчеты для определения молярной массы X 2.1. Определена молярная масса выделившегося газа $PV = nRT$, тогда $n(\text{газа}) = PV/RT = (202,6 \cdot 0,02204)/(8,31 \cdot 299,85) = 0,00179$ моль $M(\text{газа}) = 0,00358/0,00179 = 2$ г/моль. Газ – H₂ 2.2. Определена молярная масса вещества X $X + aHCl = XCl_a + 0,5aH_2\uparrow$ $n(HCl) = (3,3 \cdot 1,05 \cdot 0,1052)/36,5 = 0,01$ моль Очевидно, кислота в избытке, следовательно, определяем молярную массу X через количество водорода $n(X)/n(H_2) = 1/0,5a$ $n(X) = 0,1/M(X) = 1 \cdot 0,00179/0,5a$ $M(X) = 28a, \text{ при } a=2, M(X) = 56 \text{ г/моль}$	6 баллов
3. Приведены уравнения реакций $4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3 \text{ (1)}$ $Fe_2O_3 + Fe = 3FeO \text{ (2)}$ $4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3 \text{ (3)}$ $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3 \text{ (4)}$ $Fe + S = FeS \text{ (5)}$ $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2\uparrow \text{ (6)}$ $2Fe + 6H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2\uparrow + 6H_2O \text{ (7)}$ $Fe + 2NaOH + 2H_2O = Na_2[Fe(OH)_4] + H_2\uparrow \text{ (8)}$	8 баллов
4. A – Na₂[Fe(OH)₄] – тетрагидроксоферрат натрия $w(Na) = 46/170 = 0,2706 \text{ (27,06\%)}$	1 балл
5. Применение железа: конструкционные материалы, магнитные материалы, компоненты анодов, восстановитель в химическом синтезе. Применение Fe₂O₃: магнитные пленки, сырье для извлечения железа (гематит).	2 балла
ИТОГО	20 баллов

Задание 10-5 (мысленный эксперимент) (максимум 20 баллов)

Из мастерской в химическую лабораторию передали опилки, состоящие из 3 металлов. Лаборанты пересыпали опилки в тигель и прожгли докрасна. После смесь, прошедшую термическую обработку, перенесли в стеклянный стакан, залили концентрированной азотной кислотой и довели до кипения (реакция 1). Когда бурый дым закончил выделяться, отделили осадок от раствора фильтрацией.

Первый лаборант забрал фильтрат и добавил в него поваренную соль, тщательно перемешивая раствор. При этом он наблюдал выпадение творожистого осадка белого цвета (реакция 2). Когда раствор отстоялся, лаборант отфильтровал его и тщательно промыл осадок. Осадок он перенес в стакан, залил раствором аммиака и довел до кипения (реакция 3). После раствор отфильтровал, осадок промыл большим количеством воды, перенес в химический стакан и добавил гидразин (реакция 4). Наблюдалось выделение осадка светло-серого цвета, который далее отфильтровали, промыли и высушили. Фильтр с высушенным веществом перенесли в керамический тигель и обожгли в муфельной печи, получив слиток металла 1.

Второй лаборант забрал фильтр (из 1 абзаца), поместил его в металлический ковш и прожог в пламени горелки. Пепел перенес в химический стакан, залил царской водкой и поместил полученный раствор на плитку (реакции 5,6). После

окончания реакции раствор разбавил водой и отфильтровал. Фильтрат перелил в химический стакан и добавил к нему порошок хлорида аммония (реакция 7). Лаборант дождался окончания реакции, полученный раствор снова отфильтровал, перелил в химический стакан и отставил в сторону. На фильтре остался осадок желтого цвета, который лаборант промыл, высушил, перенес в алундовый (огнеупорный) тигель и отжег в муфельной печи (реакция 8). После отжига в тигле остался слиток металла 2.

После этого лаборант взял отставленный стакан с фильтратом и прилил к нему горячий гидразин. При этом грязно-желтый раствор помутнел, наблюдалось выпадение осадка (реакция 9). После отстаивания смесь представляла собой раствор с осадком на дне. Смесь отфильтровали, промывая большим количеством воды. Оставшийся на фильтре желто-коричневый осадок высушили, поместили в керамический тигель и обожгли в муфельной печи, получив металл 3.

Вопросы

1. Определить, из каких металлов состояли опилки.
2. Написать все уравнения реакций, о которых идет речь в задаче, и пояснить происходящие химические процессы и действия лаборантов.
3. Примесь какого металла (металл 4) могла окрасить фильтрат первого лаборанта в синий цвет? Написать соответствующее уравнение реакции (реакция 10).

Примечание. Гидразин используется в химии в качестве восстановителя металлов из соединений

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определены металлы Металл 1 – серебро Металл 2 – платина Металл 3 – золото	1,5 балла
2. Приведены уравнения реакций и даны пояснения ко всем действиям лаборантов. 2.1. Платина и золото не реагируют с азотной кислотой. Они остаются на фильтре, который заберет второй лаборант. Серебро вступает в реакцию с концентрированной горячей азотной кислотой: $Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O \quad (1)$ 2.2. В фильтрате, который забрал 1 лаборант содержится $AgNO_3$. Реакции, которые проводил лаборант 1: $NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl \quad (2)$ $AgCl + 2(NH_3 \cdot H_2O) = [Ag(NH_3)_2]Cl + 2H_2O \quad (3)$ 2.3. В щелочной среде аммиачный комплекс серебра разрушается с образованием свободных ионов металла. Свободные ионы серебра восстанавливаются гидразином в щелочной среде до металлического серебра: $Ag^+ + N_2H_4 + 4OH^- = Ag + N_2 + 4H_2O \quad (4)$ 2.4. Фильтр с высушенным осадком металлического серебра поместили в керамический тигель. Тигель поместили в муфельную печь и сплавляли серебро в слиток. 2.5. На фильтре, который забрал лаборант 2, находятся золото и платина (которые не растворились в горячей концентрированной HNO_3). Фильтр вместе с его содержимым лаборант 2 прожег в пламени горелки. Платина	18 баллов

Содержание правильного ответа	Балл
и золото в составе полученного после отжига пепла реагируют с царской водкой ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$) при нагревании: $3\text{Pt} + 4\text{HNO}_3 + 12\text{HCl} = 3\text{PtCl}_4 + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O} \quad (5)$ $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} \quad (6)$ 2.6. При добавлении в реакционную смесь хлорида аммония происходит его реакция с хлоридом платины; выпадает осадок желтого цвета (гексахлороплатинат аммония): $\text{PtCl}_4 + 2\text{NH}_4\text{Cl} = (\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6] \quad (7)$ Тетрахлороаурат (III) водорода в реакцию с хлоридом аммония не вступает и остается в растворе. 2.7. Отфильтрованный и высушенный гексахлороплатинат аммония отжигают в алундовом (огнеупорном) тигле в муфельной печи, получая металлическую платину: $3(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6] = 3\text{Pt} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 16\text{HCl} + 2\text{N}_2 \quad (8)$ 2.8. Тетрахлороаурат (III) водорода вступает в реакцию с гидразином; при этом осаждается металлическое золото в виде порошка: $4\text{H}[\text{AuCl}_4] + 3\text{N}_2\text{H}_4 = 4\text{Au} + 3\text{N}_2 + 16\text{HCl} \quad (9)$ Порошковое золото сушат на фильтре, отжигают в керамическом тигле, получая слиток	
Фильтрат лаборанта 1 мог иметь синий цвет из-за примеси меди (в опилках). Медь реагирует с концентрированной горячей азотной кислотой по реакции: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad (10)$ Раствор нитрата меди имеет синий цвет.	0,5 балла
ИТОГО	20 баллов