



Кировское областное государственное автономное образовательное
учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ХИМИЯ, 2020

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проверке и оценке решений
муниципального этапа
всероссийской олимпиады школьников
ПО ХИМИИ

в Кировской области
в 2020/2021 учебном году



Киров
2020

Печатается по решению предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии в Кировской области в 2020–2021 учебном году / Сост. И. М. Алалыкина, М. А. Бакулева, И. Д. Кормщиков, А. Н. Лямин, И. А. Токарева// Под ред. Е. В. Бересневой, М. А. Зайцева, А. Н. Лямина, И. А. Токаревой. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2020. – 24 с.

Авторы, составители

Алалыкина И. М.	методист ЦДООШ;
Бакулева М. А.	методист ЦДООШ;
Кормщиков И. Д.	студент 2 курса химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова»;
Лямин А. Н.	к.п.н., доцент кафедры предметных областей КОГОАУ ДПО «ИРО Кировской области»;
Токарева И. А.	старший преподаватель кафедры менеджмента и товароведения ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России.

Рецензенты:

Береснева Е. В.	к.п.н., профессор кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»;
Зайцев М. А.	к.п.н., доцент кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»;
Лямин А. Н.	к.п.н., доцент кафедры предметных областей КОГОАУ ДПО «ИРО Кировской области».
Токарева И. А.	старший преподаватель кафедры менеджмента и товароведения ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России.

Подписано в печать 6.11.2020

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага типографская. Усл. печ. л. 2
Тираж 213 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников», Киров, 2020.

© Алалыкина И.М., Бакулева М. А., Кормщиков И. Д., Лямин А. Н., Токарева И. А., 2020.

**Вниманию заведующих Р(Г)УО,
методистов и председателей жюри олимпиады**

1. Перед проверкой решений задач (пока участники выполняют задания и оформляют работы) членам жюри необходимо решить задачи самостоятельно (без использования «РЕШЕБНИКА»), чтобы вникнуть в содержание каждой задачи, её решение и балловую оценку. Это позволит своевременно исправить ошибки и опечатки, которые составители могли не заметить при подготовке данного пособия.

2. Работы участников должны быть переданы председателю жюри в зашифрованном виде. Шифрованием работ участников занимается специально назначенный представитель оргкомитета.

Только после подведения итогов представитель оргкомитета расширяет работы.

3. Продолжительность олимпиады по химии для учащихся всех классов в 2020–2021 учебном году составит 3 часа.

Общие положения

Настоящие методические рекомендации предназначены для членов жюри муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии в Кировской области в 2020–2021 учебном году при оценке и разборе решений задач.

Они также могут быть использованы учителями при обучении школьников решению усложненных задач на факультативных и кружковых занятиях, в инновационных классах и школах на уроках химии. Предлагаемые в пособии задачи в основном могут быть решены при помощи знаний, полученных из школьного курса химии. В то же время имеются задачи, требующие знаний из смежных школьных предметов (например, физики или математики), дополнительного материала, химической эрудиции.

Приводимые в настоящем пособии варианты решений задач не являются единственными, и учащимся вовсе не обязательно решать задачи предложенными в брошюре способами, а имеют право выбрать свой оригинальный метод решения. Если предложенный учеником вариант решения логически верен и приводит к правильным результатам, то он должен быть оценен максимальным числом баллов, указанным в данном пособии!

Оценка решения каждой задачи основана на подразделении его по логическим этапам. Каждому этапу присваивается определенная «цена» в баллах, а общая оценка за задачу определяется суммированием числа баллов за отдельные этапы. Максимальное число баллов за задачу – 20. Если ученик приводит решение, аналогичное предложенному в брошюре, но при этом выполняет какой-либо этап не полностью, то за этот этап дается пропорциональная доля от его «цены» с точностью до 1 балла.

Олимпиада не является обычной контрольной работой, а имеет цель выявить одаренных школьников, имеющих нестандартное мышление, широкий кругозор и эрудицию. Сам факт, что школьник участвует в олимпиаде, говорит о том, что он является одним из лучших в классе, школе, районе. Это должно быть доведено до сведения каждого ученика, участвующего в олимпиаде.

ВОСЬМОЙ КЛАСС

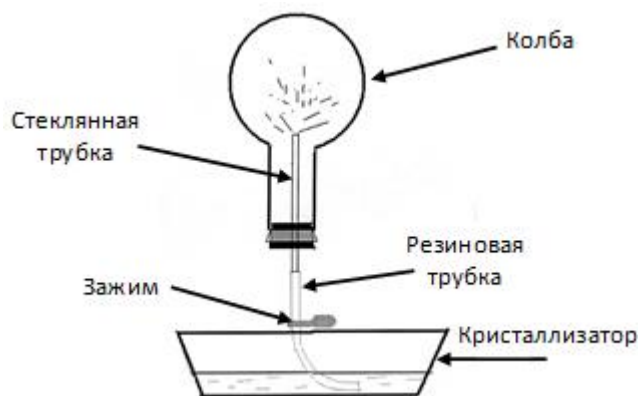
Задача 8-1. «#ОставайсяДома». Две тысячи двадцатый год принес в наш лексикон много новых слов: COVID-19, пандемия, #ОставайсяДома, санитайзер и т.п.

Из неорганических соединений, применяемых для обеззараживания воздуха и поверхностей, чаще всего используется вещество X. Известно, что вещество X относится к классу оксидов и в его составе содержится 53% хлора. На схеме представлен один из способов получения вещества X:



Задание:

1. Установите молекулярную формулу вещества X. Приведите соответствующие расчеты.
2. Назовите вещества, приведенные в схеме получения вещества X.
3. Рассчитайте, какую массу вещества с формулой NaClO_3 нужно взять, чтобы получить 112 литров вещества X.



Задача 8-2. «Химический фонтан».

Круглодонную колбу объемом 1 литр полностью заполнили хлороводородом при стандартных условиях ($T = 298 \text{ K}$, $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$). Колбу герметично закрыли пробкой, в которую вставлена стеклянная трубка, соединенная с резиновой трубкой. Резиновую трубку герметично перекрыли зажимом. Колбу перевернули вверх дном, конец резиновой трубки опустили в кристаллизатор с водой, в которую добавили

10 капель лакмуса, и открыли зажим. Вода, поднимаясь по трубке, влилась фонтаном в колбу и полностью заполнила ее (смотри рисунок).

Задание:

1. Объясните, почему вода из кристаллизатора поднимается вверх по трубке и выливается в колбу фонтаном?
2. Какого цвета будет раствор в колбе после ее заполнения? Свой ответ поясните.
3. Рассчитайте молярную концентрацию хлороводорода в конечном растворе.

Задача 8-3. «Химический кружок». Учитель химии на занятиях кружка дал следующее задание ученикам: используя оксид меди, раствор серной кислоты, раствор гидроксида натрия, порошок магния и раствор хлорида меди провести реакции, в которых можно было бы наблюдать тот или иной признак, а именно – выпадение осадка, выделение газа, изменение цвета, выделение тепла. В качестве реагентов можно было использовать только исходные вещества, а для проведения реакций – практически любое лабораторное оборудование.

Задание:

1. Составьте по одному уравнению реакций, в которых можно наблюдать указанные признаки.
2. В реакции с выделением газа рассчитайте объем 15% раствора ($\rho = 1,1 \text{ г/см}^3$), необходимого для полного взаимодействия с 4 граммами второго реагента и объем газа, который выделяется при этих условиях.
3. В реакции с образованием осадка рассчитайте массовые доли элементов в веществе, выпадающем в осадок.

Задача 8-4. «Приятного аппетита!».

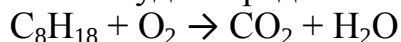
В кулинарии может не хватать только аппетита

©Копатыч

Питание – неотъемлемая часть жизни. Представим себе, что человек способен питаться бензином и оценим «энергетические характеристики» такой диеты. Будем считать, что в среднем человеку требуется потреблять 2200 ккал в сутки.

Для простоты условимся, что бензин является индивидуальным веществом состава C_8H_{18} . Плотность примем равной $\rho = 710$ г/л.

Усвоение бензина в организме будем представлять схемой реакции окисления:



Задания:

1. Закончите уравнение реакции окисления: расставьте коэффициенты и назовите продукты реакции.

2. Вычислите массовую долю углерода в составе веществ, содержащих углерод.

3. Определите, сколько бензина (в литрах) нужно потреблять в день, чтобы восполнить необходимую потребность в энергии, если известно, что при сгорании 1 г бензина выделяется 52 кДж тепловой энергии.

4. Рассчитайте, на сколько дней «бензиновой диеты» хватит заправки десятью литрами бензина.

Подсказка: 1 кал = 4,19 Дж

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. «#ОставайсяДома». Две тысячи двадцатый принес в наш лексикон много новых слов: COVID-19, пандемия, #ОставайсяДома, санитайзер и т.п.

Среди неорганических соединений, используемых для дезинфекции, наиболее распространен гипохлорит натрия, который получают хлорированием водного раствора гидроксида натрия молекулярным хлором.

Задания:

1. Рассчитайте, какой объем хлора выделится при взаимодействии соляной кислоты с 50 г оксида марганца (IV)

2. Сколько граммов гидроксида натрия прореагирует с этим количеством хлора.

3. Предложите еще один способ получения гипохлорита натрия.

Задача 9-2. «Бинарное соединение». Сильно гигроскопичная тёмно-зелёная в отражённом свете жидкость А, образована двумя химическими элементами и содержит по массе 50,90 % кислорода. При взаимодействии вещества А с водой на холоду в стехиометрическом соотношении 1÷1 образуется сильная кислота В, содержащая по массе 53,78 % кислорода.

Задания:

1. Составьте линейную формулу и дайте систематические названия веществам А и В.

2. Напишите уравнение химической реакции взаимодействия вещества А с водой.

3. Напишите уравнение химической реакции получения вещества А в школьной лаборатории.

4. Приведите примеры использования солей указанной кислоты в жизни человека.

Задача 9-3. «Химическая лаборатория». Учитель на уроке химии по теме «Диссоциация кислот и оснований в воде» в 9 классе продемонстрировал школьникам следующий эксперимент: в прозрачный бесцветный раствор, находящийся в первой плоскодонной колбе на демонстрационном столе, учитель стал приливать тонкой струйкой прозрачную бесцветную жидкость из второй колбы. В процессе приливания раствор в стоящей на столе плоскодонной колбе стал постепенно окрашиваться сначала в светло-розовый, а затем в фиолетово-малиновый цвет, после чего раствор стал вновь терять окраску, пока не обесцветился окончательно. Учитель

сообщил школьникам, что в колбах содержались растворы состоящие, в одной из трёх компонентов, а в другой из двух компонентов.

Задания:

1. Какие вещества могли находиться в первой колбе и во второй колбе.
2. Объясните изменение окраски раствора в первой колбе.

Логически обоснуйте Ваше решение (обосновать утверждение, — значит привести те убедительные или достаточные основания, или аргументы, в силу которых оно должно быть принято).

Задача 9-4. «Приятного аппетита!».

В кулинарии может не хватать только аппетита!

©Копатыч

Питание – неотъемлемая часть жизни. Представим себе, что человек способен питаться бензином и оценим «энергетические характеристики» такой диеты.

Будем считать, что в среднем человеку требуется потреблять 2200 ккал в сутки.

Усвоение бензина в организме будем представлять реакцией горения.

Для простоты примем, что бензин представляет собой индивидуальное вещество состава C_8H_{18} . Плотность примем равной $\rho = 710$ г/л.

Задания:

1. Напишите термохимическое уравнение реакции «усвоения бензина», если тепловой эффект реакции составляет +11875,3 кДж.

2. Как называются реакции, идущие с выделением тепла?

3. Определите, сколько бензина (в литрах) нужно потреблять в день, чтобы восполнить необходимую потребность в питании.

4. Вычислите объем газов после сгорания бензина для восполнения суточной потребности в энергии.

5. Найдите, на сколько дней питания «бензиновой диетой» хватит стандартного объема заправки 10 литрами бензина.

Подсказка: 1 кал = 4,19 Дж

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «#ОставайсяДома». Две тысячи двадцатый принес в наш лексикон много новых слов: COVID-19, пандемия, #ОставайсяДома, санитайзер.

Последний является неотъемлемой частью «школьного набора», основным компонентом которого является вещество X. Установите молекулярную формулу вещества X, если известно, что при сжигании 12 г данного вещества было получено 13,5 л углекислого газа при н.у. и 14,4 г воды. Относительная плотность паров вещества X по воздуху равна 2,06. Также известно, что при взаимодействии вещества X с оксидом меди (II) образуется кетон.

Задания:

1. Установите молекулярную формулу вещества X;

2. Составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;

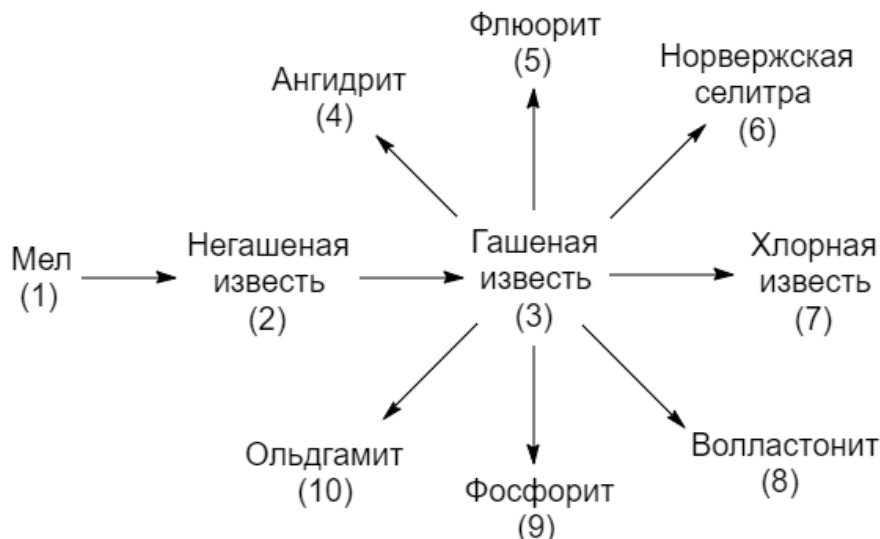
3. Напишите уравнение реакции вещества X с оксидом меди (II).

Задача 10-2. «Нетривиально».

На схеме превращений приведены тривиальные названия веществ, содержащих элемент X. Элемент X находится на 5-ом месте по распространённости в земной коре, является основным компонентом костей и зубов живых организмов.

Вещества 2, 5, 10 являются бинарными, остальные – типичные представители средних солей, которые легко можно найти в таблице растворимостей. Про вещества на схеме дополнительно известно:

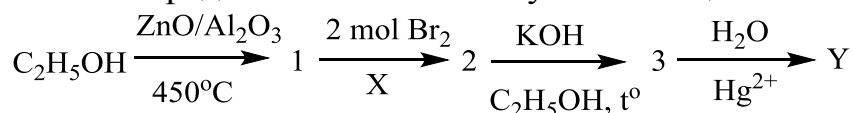
1	w(X) = 40,00%	2	w(X) = 71,43%	3	w(X) = 54,05%	4	w(X) = 29,41%
5	w(X) = 51,28%	6	w(X) = 24,39%	7	w(X) = 31,5%	8	w(X) = 34,48%
9	w(X) = 38,71%	10	w(X) = 55,56%				



Задания:

1. Назовите элемент X.
2. Установите формулы веществ.
3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные в схеме превращения.

Задача 10-3. «Подделка». В одной из лабораторий для выполнения синтеза вещества Y в качестве растворителя используется вещество X – представитель класса углеводов. Ниже представлена схема получения вещества Y:



После закупки очередной партии растворителя исследователи заподозрили подделку и отдали растворитель на анализ. Для установления формулы 5 г вещества X сожгли. Образовалась смесь газов с плотностью по воздуху 1,0345. Затем вещество X обработали бромом. Получили смесь продуктов. Подозрение исследователей оправдалось – растворитель оказался подделкой, содержащей разные углеводороды с тем же числом атомов углерода в молекулах, что и в молекулах вещества X.

О продуктах монобромирования поддельного растворителя известно следующее:

Компоненты растворителя	Число продуктов монобромирования
Компонент 1	5
Компонент 2	4
Компонент 3	2

Задания:

1. Установите состав образца поддельного растворителя. Определите формулу вещества X.
2. Установите структуры компонентов растворителя.
3. Изобразите структуры веществ 1-3, Y. Напишите уравнения реакций.

Задача 10-4. «Приятного аппетита!».

В кулинарии может не хватать только аппетита!

©Копатыч

Питание – неотъемлемая часть жизни. Представим себе, что человек способен питаться бензином и оценим «энергетические характеристики» такой диеты.

Будем считать, что в среднем человеку требуется потреблять 2200 ккал в сутки.

Усвоение бензина в организме будем представлять реакцией горения.

Для простоты примем, что бензин представляет собой индивидуальное вещество состава C_8H_{18} . Плотность примем равной $\rho = 710$ г/л.

Вещество	C_8H_{18}	O_2	CO_2	H_2O
ΔQ^0_f , кДж/моль	-208,45	0	393,5	285,8

Задания:

1. Назовите вещество X.
2. Напишите термохимическое уравнение реакции «усвоения бензина» и вычислите тепловой эффект реакции.
3. Определите, сколько бензина (в литрах) нужно потреблять в день, чтобы восполнить необходимую потребность в питании.
4. Найдите, на сколько дней питания «бензиновой диетой» хватит стандартного объема заправки 10 литрами бензина.
5. Определите формулу углеводорода, в котором массовые доли углерода и водорода равны.

Подсказка: 1 кал = 4,19 Дж

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11-1. «#ОставайсяДома». Две тысячи двадцатый принес в наш лексикон много новых слов: COVID-19, пандемия, #ОставайсяДома, санитайзер.

Санитайзер является неотъемлемой частью «школьного набора». Для того, чтобы приготовить раствор санитайзера в домашних условиях, вам необходимо смешать 83,3 мл 96% -го раствора этанола ($\rho = 0,811$ г/мл), 1,45 мл глицерина ($\rho = 1,261$ г/мл), 4,17 мл 3% перекиси водорода ($\rho = 1009,5$ г/л). Чтобы санитайзер был эффективен, необходимо, чтобы концентрация спирта была 80%.

Задания:

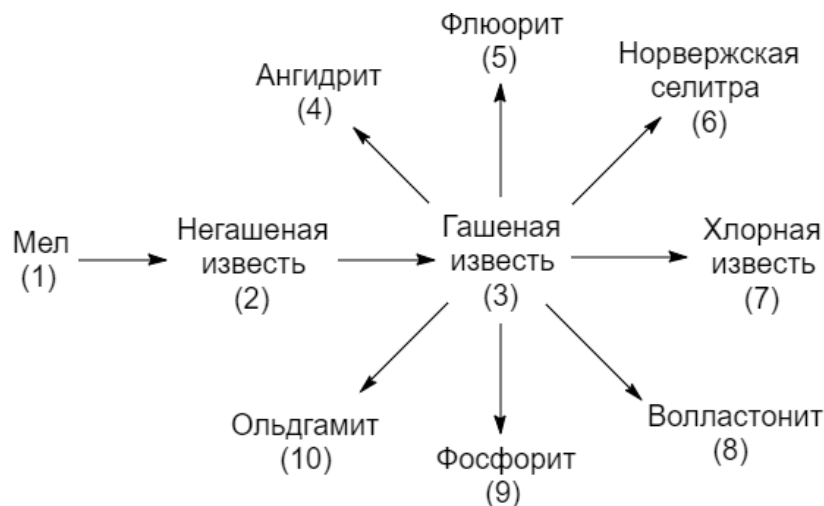
1. Рассчитайте, сколько миллилитров воды следует добавить к полученной смеси, чтобы массовая доля этанола в ней составила 80 %.
2. Напишите 3 способа получения пероксида водорода.
3. Напишите два уравнения реакции с неорганическими веществами, где пероксид водорода проявляет восстановительные свойства.
4. Напишите по одному уравнению реакции с органическим и неорганическим веществами, где пероксид водорода проявляет окислительные свойства.

Задача 11-2. «Нетривиально».

На схеме превращений приведены тривиальные названия веществ, содержащих элемент X. Элемент X находится на 5-ом месте по распространённости в земной коре, является основным компонентом костей и зубов живых организмов.

Вещества 2, 5, 10 являются бинарными, остальные – типичные представители средних солей, которые легко можно найти в таблице растворимостей. Про вещества на схеме дополнительно известно:

1	$w(X) = 40,00\%$	2	$w(X) = 71,43\%$	3	$w(X) = 54,05\%$	4	$w(X) = 29,41\%$
5	$w(X) = 51,28\%$	6	$w(X) = 24,39\%$	7	$w(X) = 31,5\%$	8	$w(X) = 34,48\%$
9	$w(X) = 38,71\%$	10	$w(X) = 55,56\%$				

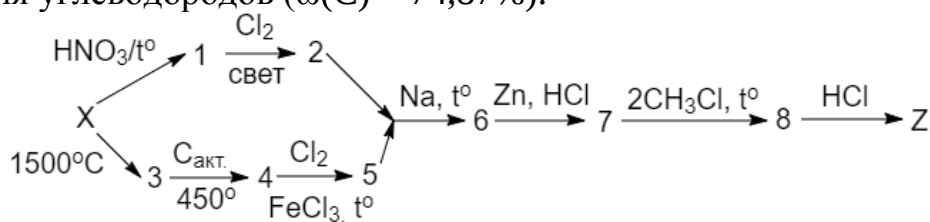


Задания:

1. Назовите элемент X.
2. Установите формулы веществ.
3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить указанные в схеме превращения.

Задача 11-3. «Дезинфекция». Существует множество средств для дезинфекции рук, поверхностей и даже воздуха. Однако некоторые из них негативно воздействуют на обрабатываемые поверхности. Одним из самых безопасных для человека, но в то же время эффективным дезинфицирующим средством, является вещество Z ($\omega(\text{C}) = 62,95\%$).

Ниже представлена схема получения вещества Z из вещества X – простейшего представителя углеводородов ($\omega(\text{C}) = 74,87\%$).



Задания:

1. Установите вещества X, Z, 1-8. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций в соответствии с предложенной схемой.

Задача 11-4. «Приятного аппетита!».

В кулинарии может не хватать только аппетита!

©Копатыч

Питание – неотъемлемая часть жизни. Представим себе, что человек способен питаться бензином и оценим «энергетические характеристики» такой диеты.

Будем считать, что в среднем человеку требуется потреблять 2200 ккал в сутки.

Усвоение бензина в организме будем представлять реакцией горения.

Для простоты примем, что бензин представляет собой индивидуальное вещество состава C_8H_{18} , при хлорировании которого образуется 4 монохлорзамещенных изомера (один из них является третичным и один вторичным).

Плотность примем равной $\rho = 710$ г/л.

Вещество	C_8H_{18}	O_2	CO_2	H_2O
$Q_{\text{г}}^0$, кДж/моль	-208,45	0	393,5	285,8

Задания:

1. Установите структурную формулу вещества C_8H_{18} и дайте название.
2. Напишите термохимическое уравнение реакции «усвоения бензина» и вычислите тепловой эффект реакции.

3. Определите, сколько бензина (в литрах) нужно потреблять в день, чтобы восполнить необходимую потребность в питании.

4. Найдите, на сколько дней питания «бензиновой диетой» хватит стандартного объема заправки 10 литрами бензина.

5. Определите формулу углеводорода, в котором массовые доли углерода и водорода равны.

Подсказка: $1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$

Рекомендации к решению и оценке

Приводимые в настоящем пособии варианты решений задач не являются единственными, и учащиеся вовсе не обязаны решать задачи предложенными в брошюре способами, а имеют право выбрать свой оригинальный метод решения. Если предложенный учеником вариант решения логически верен и приводит к правильным результатам, то он должен быть оценен максимальным числом баллов, указанным в пособии!

ВОСЬМОЙ КЛАСС

Задача 8-1. «#ОставайсяДома».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Для удобства расчетов примем массу вещества за 100 г. Находим количество вещества каждого из атомов по формуле $\nu = m/M$ (в случае атома молярная масса численно равна A_r).

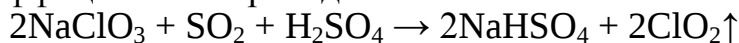
$$n(\text{Cl}) = 53 \text{ г} / 35,5 \text{ г/моль} = 1,49 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}) = 47 \text{ г} / 16 \text{ г/моль} = 2,93 \text{ моль}$$

Чтобы найти соотношение атомов нужно наименьшее количество вещества принять за единицу, т.е. в данном примере за единицу принимается количество вещества хлора, т.к. оно наименьшее. Количество вещества атома кислорода делится на наименьшее и округляется до целого. Получается соотношение атомов Cl:O 1: 1,9 (приводим к ближайшим целым числам). Следовательно, формула ClO_2 .

2. Названия веществ – оценивается одно из приведенных названий: NaClO_3 – хлорат натрия, бертолле́това соль, SO_2 – оксид серы (IV), диоксид серы, сернистый газ, H_2SO_4 – серная кислота, NaHSO_4 – гидросульфат натрия, ClO_2 – оксид хлора (VI), диоксид хлора.

3. Расставим коэффициенты в приведенной схеме:



Рассчитаем $n(\text{ClO}_2) = 112 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 5 \text{ моль}$

Сравним количества вещества хлората натрия с диоксидом хлора

$$n(\text{NaClO}_3) : n(\text{ClO}_2) = 1: 1, \text{ следовательно } n(\text{NaClO}_3) = 5 \text{ моль.}$$

Находим $m(\text{NaClO}_3) = 5 \text{ моль} \cdot 106,5 \text{ г/моль} = 523,5 \text{ г}$

За установление молекулярной формулы вещества X

– 5 баллов

За названия веществ

– 2,5 балла

За расстановку коэффициентов в уравнении

– 1,5 балла

За расчёт количества вещества диоксида хлора

– 3 балла

За расчёт количества вещества и массы хлората натрия

– 8 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 8-2. «Химический фонтан».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Хлороводород очень хорошо растворим в воде (при н.у. в 1 объёме воды растворяется до 500 объёмов газа). Следовательно, при растворении уже первой

порции хлороводорода в колбе создаётся пониженное давление. Из-за разницы давлений вода с напором устремляется по трубке в колбу и заполняет ее фонтаном.

2. Так как при растворении хлороводорода в воде образуется соляная кислота - раствор в колбе в присутствии лакмуса окрашивается в розовый цвет.

3. Молярная концентрация хлороводорода в конечном растворе составит:

$$C_b(HCl) = \frac{n(HCl)}{V(HCl_{p-p})} = \frac{p \cdot V_{\text{колб}}}{R \cdot T \cdot V(HCl_{p-p})} = \frac{1 \times 10^5 \text{ Па} \cdot 1 \times 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot 298 \text{ К} \cdot 1 \times 10^{-3} \text{ м}^3} = 40,362 \text{ моль} \cdot \text{м}^{-3}$$

или $0,04 \text{ моль} \cdot \text{литр}^{-1}$;

За верное объяснение движения раствора по трубке в колбу – 8 баллов.

За определение цвета конечного раствора в колбе – 2 балла.

За расчёт молярной концентрации хлороводорода – 10 баллов.

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 8-3. «Химический кружок».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Реакция с изменением цвета: $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (1),
 реакция с образованием осадка: $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$ (2),
 реакция с выделением газа: $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ (3),
 реакция с выделением тепла: $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (4).

2. 1). По уравнению реакции (3) магний и серная кислота реагируют в отношении 1:1. Рассчитаем количество магния, вступившего в реакцию:

$$\nu(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{6}{24} = 0,25 \text{ моль}$$

Масса серной кислоты, вступившей в реакцию с таким количеством магния:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \gamma \cdot M = 0,25 \cdot 98 = 24,5 \text{ г}$$

Из формулы для расчета массовой доли растворенного вещества

$$\omega = \frac{m_{\text{растворенного вещества}}}{m_{\text{раствора}}} \cdot 100\%, \text{ масса раствора серной кислоты равна:}$$

$$m_{\text{раствора}} = \frac{m_{\text{растворенного вещества}}}{\omega} = \frac{24,5}{0,15} = 163,3 \text{ г}$$

Объем раствора серной кислоты равен:

$$V_{\text{раствора}} = \frac{m}{\rho} = \frac{163,3}{1,1} = 148,5 \text{ см}^3$$

2). По уравнению реакции (3) количество вступившего в реакцию магния и количество вещества выделившегося газа находятся в отношении 1:1. Таким образом, при данных условиях:

$$\nu(\text{Mg}) = \nu(\text{H}_2) = 0,25 \text{ моль},$$

$$V(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot V_M = 0,25 \cdot 22,4 \text{ л} = 5,6 \text{ л}$$

3. По уравнению реакции 2 в осадок выпадает гидроксид меди (II). Массовые доли элементов рассчитаем по формуле:

$$\omega = \frac{A_r \cdot n_{\text{элемента}}}{M_{\text{вещества}}} \cdot 100\%$$

Молярная (относительная молекулярная масса) гидроксида меди (II) равна:

$$64 + 2(16 + 1) = 98 \text{ г/моль}.$$

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{64}{98} \cdot 100\% = 65,3\%$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{32}{98} \cdot 100\% = 32,7\%$$

$$\omega(\text{H}) = \frac{2}{98} \cdot 100\% = 2\%$$

За составление уравнений реакций, за каждое по 2 балла, всего – 8 баллов,
 За расчет объема серной кислоты – 4 балла,
 За расчет объема водорода – 4 балла,
 За расчет массовых долей элементов – 4 балла.

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов.

Задача 8-4. «Приятного аппетита!».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Расставим коэффициенты и назовем вещества:



2. Вычислим массовые доли:

$$\text{C}_8\text{H}_{18}: w(\text{C}) = \frac{M(\text{C}) \cdot n(\text{C})}{M(\text{C}) \cdot n(\text{C}) + M(\text{H}) \cdot n(\text{H})} \cdot 100\% = \frac{12 \cdot 8}{12 \cdot 8 + 1 \cdot 18} \cdot 100\% = \frac{96}{96 + 18} \cdot 100\% = 84,21\%$$

$$\text{CO}_2: w(\text{C}) = \frac{M(\text{C}) \cdot n(\text{C})}{M(\text{C}) \cdot n(\text{C}) + M(\text{O}) \cdot n(\text{O})} \cdot 100\% = \frac{12 \cdot 1}{12 \cdot 1 + 16 \cdot 2} \cdot 100\% = \frac{12}{44} \cdot 100\% = 27,27\%$$

3. Переведем энергетическую суточную потребность человека из ккал в кДж:

$$2200 \cdot 4,19 = 9218 \text{ кДж}$$

Найдем массу бензина, при сгорании которого выделится нужное количество тепла:

$$9218 / 52 = 177,3 \text{ г}$$

Зная плотность, найдем необходимый объем бензина:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{177,3}{710} = 0,25 \text{ л}$$

4. Чтобы найти количество теплоты, которое содержится в 10 литрах бензина, найдем массу 10 литров бензина:

$$m = \rho \cdot V = 710 \cdot 10 = 7100 \text{ г}$$

$$Q = 7100 \cdot 52 = 369200 \text{ кДж}$$

Зная энергетическую потребность человека в сутки, найдем количество дней «бензиновой диеты»:

$$n = 369200 / 9218 = 40 \text{ дней}$$

Также можно воспользоваться данными из предыдущего пункта. Зная, что 0,25 л хватит для восполнения суточной потребности, можно найти количество дней, в течение которых можно «питаться» 10 литрами бензина: $10 / 0,25 = 40$ дней.

За расстановку коэффициентов по 0,25 балла, всего

– 2 балла

За названия веществ по 1 баллу, всего

– 2 балла

За вычисление массовых долей по 2 балла, всего

– 4 балла

За перевод суточной потребности из ккал в кДж

– 2 балла

За нахождение массы бензина

– 1 балл

За нахождение объема бензина

– 1 балл

За нахождение массы 10 л бензина

– 1 балл

За нахождение количества энергии в 10 л бензина

– 1 балл

За нахождение продолжительности «бензиновой диеты»

используя данные полученные в п.3

– 6 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 8 класса – 80 баллов

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. «#ОставайсяДома».

Рекомендации к решению и оценке:

Уравнения реакции: $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (1)

$2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ (2)

Находим количество вещества оксида марганца (IV)

$$n(\text{MnO}_2) = 50\text{г} : 87\text{ г/моль} = 0,57\text{ моль}$$

из 1 моль оксида марганца по реакции получается 1 моль хлора из этого следует, что количество моль образовавшегося хлора – 0,57 моль.

Находим объем хлора: $V(\text{Cl}_2) = 0,57\text{моль} \cdot 22,4\text{л/моль} = 12,7\text{ л.}$

Находим количество гидроксида натрия

$$n(\text{NaOH}) : n(\text{Cl}_2) = 2 : 1, \text{ следовательно } n(\text{NaOH}) = 1,14\text{ моль.}$$

Находим массу гидроксида натрия

$$m(\text{NaOH}) = 1,14\text{ моль} \cdot 40\text{ г/моль} = 46,5\text{ г.}$$

За написание уравнений реакции по 2 балла за каждое, всего – 4 балла

За расчёт количества вещества оксида марганца – 4 балла

За расчет количества вещества и объема хлора – 6 баллов

За расчет количества вещества и массы гидроксида натрия – 6 баллов

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 9-2. «Бинарное соединение».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Описание вещества А позволяет нам определить, что это кислотный оксид. Его молярная масса составляет: $M(\text{Э}_x\text{O}_y)$; тогда: $(16 \cdot y)/M = 0,5090$;

Молярная масса кислоты составляет: $M(\text{H}_2\text{Э}_x\text{O}_{y+1}) = M(\text{Э}_x\text{O}_y) + 36$; тогда: $(16 \cdot (y+1))/(M+36) = 0,5378$;

$$\begin{cases} \frac{16y}{M} = 0,5090 \\ \frac{16(y+1)}{M+36} = 0,5378 \end{cases} ; y = 0,0142; M = 0,4462; y = 1; M = 31,4225;$$

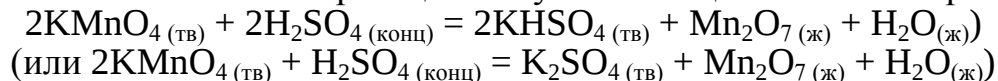
если $y=1$, то возможные составы оксидов: $\text{Э}_2\text{O}$ или ЭO , а $M(\text{Э})$ равна $(31,4225 - 16)/2 = 7,7113$ и $31,42 - 16 = 15,4225$ соответственно. Элементов с такими молярными массами, образующих кислотные оксиды нет.

Аналогично проверяем для $y = 2, 3, 4, 5, 6$ и 7 , т.к. кислотных оксидов с элементом со степенью окисления больше $+7$ нет.

Удовлетворяющий условию задачи результат определяется при $y = 7$ и $M(\text{Э}_2\text{O}_7) = 219,9578$; следовательно, $M(\text{Э})$ составляет: $(219,9578 - 7 \cdot 16)/2 = 53,9789$, а это элемент Мп. Таким образом, кислотный оксид А это — оксид марганца(VII), Mn_2O_7 , а кислота В — тетраоксоманганат(VII) водорода или марганцевая кислота, HMnO_4 .

2. Уравнение реакции вещества А с водой: $\text{Mn}_2\text{O}_7(\text{ж}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = 2\text{HMnO}_4(\text{р-р})$

3. Уравнение химической реакции получения вещества А в лаборатории:



4. Перманганат калия, калий марганцевокислый или тетраоксоманганат(VII) калия используется в медицине в форме сильно разбавленных водных растворов как мощное антисептическое средство.

За верную формулу и название вещества А – 10 баллов

За верную формулу и название вещества В – 2 балла

За уравнения реакции по 2 балла за каждое, всего – 4 балла

За указание применения перманганата калия – 4 балла

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 9-3. «Химическая лаборатория».

Рекомендации к решению и оценке:

1. В колбах могли находиться растворы кислоты и щёлочи; в растворе кислоты был растворён индикатор фенолфталеин.

2. В первой колбе находился водный раствор щёлочи и к нему осторожно учитель добавлял бесцветный раствор кислоты с фенолфталеином. При попадании первых порций кислотного раствора с фенолфталеином в избыток щелочного раствора индикатор резко меняет цвет на фиолетово-малиновый, окрашивая при этом весь раствор щёлочи в колбе. По мере добавления раствора кислоты, в результате реакции нейтрализации, количество щёлочи в растворе уменьшается, а кислотность растёт, следовательно, цвет индикатора постепенно бледнеет и исчезает вовсе. Раствор во второй колбе снова становится бесцветным.

За утверждение, что в колбах находились растворы кислоты и щёлочи – 4 балла

За утверждение, что цвет меняет индикатор фенолфталеин в зависимости от кислотности раствора – 2 балла

За утверждение, что фенолфталеин находился в растворе кислоты во второй колбе – 8 баллов

За утверждение, что в первой колбе находился раствор щёлочи и изменение окраски связано с избытком щёлочи, а исчезновение окраски является следствием изменения кислотности раствора – 6 баллов

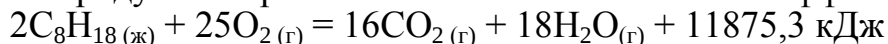
Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 9-4. «Приятного аппетита!».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Термохимическим называется уравнение реакции, в котором указаны агрегатные состояния продуктов и реагентов и значение теплового эффекта реакции:



2. Реакции, протекающие с выделением тепла, называются экзотермическими.

3. Чтобы найти необходимое количество бензина для восполнения суточной потребности, составим пропорцию.

Суточная потребность ($Q(\text{чел.})$, кДж): $2200 \cdot 4,19 = 9218 \text{ кДж}$.

$$\frac{2 \text{ моль } (\text{C}_8\text{H}_{18})}{X \text{ моль } (\text{C}_8\text{H}_{18})} = \frac{11857,3 \text{ кДж}}{9218 \text{ кДж}}$$
$$X = 1,56 \text{ моль}$$

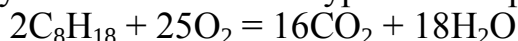
Найдем массу бензина: $m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \nu(\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 1,56 \cdot 114 = 177,84 \text{ г}$

Зная плотность, найдем необходимый объем бензина:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{177,84}{710} = 0,25 \text{ л}$$

4. Газовая смесь продуктов горения будет состоять при н.у. только из углекислого газа, т.к. при н.у. ($t = 0^\circ\text{C}$) вода в жидком агрегатном состоянии.

Найдем количество углекислого газа по уравнению реакции:



$$\nu(\text{C}_8\text{H}_{18}) : \nu(\text{CO}_2) = 2 : 16 \Rightarrow \nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot 8 = 1,56 \cdot 8 = 12,48 \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot V_N = 12,48 \cdot 22,4 = 279,55 \text{ л}$$

5. Оценим «энергетический запас» ($Q(\text{C}_8\text{H}_{18})$) 10 литров бензина:

$$m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \rho(\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot V(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 710 \cdot 10 = 7100 \text{ г}$$

$$\nu(\text{C}_8\text{H}_{18}) = m(\text{C}_8\text{H}_{18}) / M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 7100 / 114 = 62,28 \text{ моль}$$

$$\frac{2 \text{ моль } (\text{C}_8\text{H}_{18})}{62,28 \text{ моль } (\text{C}_8\text{H}_{18})} = \frac{11857,3 \text{ кДж}}{X \text{ кДж}}$$
$$Q(\text{C}_8\text{H}_{18}) = X = 369236,3 \text{ кДж}$$

Зная «энергетический запас» 10 литров и суточную потребность человека в энергии ($Q(\text{чел})$), найдем продолжительность «бензиновой диеты»:

$$n(\text{дней}) = Q(\text{C}_8\text{H}_{18}) / Q(\text{чел}) = 369236,3 / 9218 = 40 \text{ дней}$$

Также можно воспользоваться данными из предыдущего пункта. Зная, что 0,25 л хватит для восполнения суточной потребности, можно найти количество дней, в течение которых можно «питаться» 10 литрами бензина: $10 / 0,25 = 40$ дней.

За составление термохимического уравнения реакции	– 3 балла
(Если составлено просто уравнение	– 1 балл
За название реакций идущих с выделением тепла	– 2 балла
За перевод суточной потребности из ккал в кДж	– 2 балла
За нахождение объёма бензина	– 5 баллов
За нахождение объёма газовой смеси продуктов горения	– 5 баллов
За нахождение продолжительности «бензиновой диеты» любым способом	– 3 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 9 класса – 80 баллов

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «#ОставайсяДома».

Рекомендации к решению и оценке:

Определим молекулярную формулу вещества $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$

$$M(\text{в-ва}) = D(\text{воздуху}) \cdot M(\text{воздуха})$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 2,06 \cdot 29 \text{ г/моль} = 59,74 \text{ г/моль} \approx 60 \text{ г/моль}$$

Рассчитаем количества продуктов сгорания:

$$n(\text{CO}_2) = 13,5 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,6 \text{ моль}; n(\text{C}) = 0,6 \text{ моль};$$

$$m(\text{C}) = 0,6 \cdot 12 = 7,2 \text{ г.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 14,4 \text{ г} : 18 \text{ г/моль} = 0,8 \text{ моль}; n(\text{H}) 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}) = 1,6 \cdot 1 = 1,6 \text{ г}$$

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) = 7,2 \text{ г} + 1,6 \text{ г} = 8,8 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = 12 \text{ г} - 8,8 \text{ г} = 3,2 \text{ г}$$

$$n(\text{O}) = 3,2 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль}$$

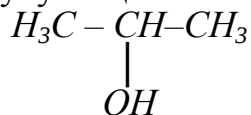
$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,6 : 1,6 : 0,2$$

Приводим к единице: $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 3 : 8 : 1$

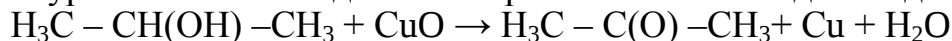
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ – простейшая формула.

$M(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) = 12 \cdot 3 + 8 + 16 = 60 \text{ г/моль}$, что соответствует действительности.

Записываем структурную формулу вещества:



Записываем уравнение взаимодействия пропанола-2 с оксидом меди (II)



За нахождение количеств воды и углекислого газа по 2 балла, всего – 4 балла

За расчет количества и массы углерода и водорода по 2 балла, всего – 4 балла

За расчет массы и количества кислорода – 4 балла

За расчет молекулярной массы вещества ($\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$) по относительной плотности – 2 балла

За составления структурной формулы – 2 балла

За уравнение реакции вещества $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ с оксидом меди (II) – 4 балла

Максимальное число баллов – 20 баллов

Задача 10-2. «Нетривиально».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Описание элемента X позволяет сделать вывод, что речь идет о кальции («является основным компонентом костей и зубов живых организмов»).

2. Подсказки к определению формул веществ скрыты в самих названиях. В условии дополнительно сказано, что все зашифрованные вещества есть в таблице растворимости.

Формулы можно установить двумя путями: воспользоваться таблицей растворимости и проверить массовую долю кальция в средних солях, второй путь – вывести формулу, пользуясь данными из условия.

Начнем с установления формул бинарных веществ.

Вещество 2: пусть в веществе 2 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $2 \ 40/0,7143 = 60$ (г/моль). На второй элемент приходится $60 - 40 = 16$ (г/моль), что соответствует массе кислорода, который в составе оксидов имеет валентность два. Таким образом, вещество 2 – оксид кальция CaO .

Вещество 5: пусть в веществе 5 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $5, \ 40/0,5128 = 78$ (г/моль). На второй элемент приходится $78 - 40 = 38$ (г/моль). Валентность кальция равна двум, значит, 38 г/моль – это масса двух атомов второго элемента, тогда масса одного атома равна $38/2 = 19$ (г/моль), что соответствует массе фтора. Таким образом, вещество 5 – фторид кальция CaF_2 .

Вещество 10: пусть в веществе 10 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $10, \ 40/0,5556 = 72$ (г/моль). На второй элемент приходится $72 - 40 = 32$ (г/моль), что соответствует массе серы, которая в составе сульфидов имеет валентность два. Таким образом, вещество 10 – сульфид кальция CaS .

Вещество 1: мел представляет собой карбонат кальция (CaCO_3). Пусть в веществе 1 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $1 \ 40/0,4 = 100$ (г/моль). На анион приходится $100 - 40 = 60$ (г/моль), что соответствует массе карбонат-иона.

Вещество 3: гидроксид кальция Ca(OH)_2 .

Пусть в веществе 3 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $3 \ 40/0,5405 = 74$ (г/моль). На анион приходится $74 - 40 = 34$ (г/моль). Двухвалентного аниона с такой массой нет, значит, содержится 2 одновалентных аниона, тогда на каждый анион приходится $34/2 = 17$ (г/моль), что соответствует массе гидроксид-иона.

Вещество 4: сульфат кальция CaSO_4

Пусть в веществе 4 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $4 \ 40/0,2941 = 136$ (г/моль). На анион приходится $136 - 40 = 96$ (г/моль), что соответствует массе сульфат-иона или гидрофосфат-иона. Гидрофосфат не подходит, т.к. полученная соль не будет средней, что не соответствует условию задачи. Поэтому остается сульфат-ион.

Вещество 6: нитрат кальция $\text{Ca(NO}_3)_2$.

Пусть в веществе 6 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $6 \ 40/0,2439 = 164$ (г/моль). На анион приходится $164 - 40 = 124$ (г/моль). Двухзарядного аниона с такой массой нет, значит, речь идет о двух однозарядных анионах, тогда масса каждого аниона $124/2 = 62$ (г/моль), что соответствует массе нитрат-иона.

Вещество 8: силикат кальция CaSiO_3 .

Пусть в веществе 8 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $8 \ 40/0,3448 = 116$ (г/моль). На анион приходится $116 - 40 = 76$ (г/моль), что соответствует массе силикат-иона.

Вещество 9: фосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Пусть в веществе 9 содержится 1 атом кальция, тогда молярная масса вещества $9 \cdot 40 / 0,3871 = 103$ (г/моль). На анион приходится $103 - 40 = 63$ (г/моль). Анионов с такой массой нет.

Пусть в веществе 9 содержится 2 атома кальция, тогда молярная масса вещества $9 \cdot (40 \cdot 2) / 0,3871 = 207$ (г/моль). На анион приходится $207 - 80 = 127$ (г/моль). Анионов с такой массой нет.

Пусть в веществе 9 содержится 3 атома кальция, тогда молярная масса вещества $9 \cdot (40 \cdot 3) / 0,3871 = 310$ (г/моль). На анион приходится $310 - 120 = 190$ (г/моль). Если в составе соли содержится 3 атома кальция, то анион двухзарядный, значит, таких анионов в составе соли будет 2 и масса каждого $190 / 2 = 95$ (г/моль), что соответствует массе фосфат-иона.

Вещество 7: смешанный хлорид-гипохлорит кальция CaOCl_2 ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca(OCl)}_2$).

Мел (1)	CaCO_3	Норвежская селитра (6)	$\text{Ca(NO}_3)_2$
Негашеная известь (2)	CaO	Хлорная известь (7)	CaOCl_2 ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca(OCl)}_2$)
Гашеная известь (3)	Ca(OH)_2	Волластонит (8)	CaSiO_3
Ангидрит (4)	CaSO_4	Фосфорит (9)	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Флюорит (5)	CaF_2	Ольдгамит (10)	CaS

3. Возможные уравнения реакций:

- | | |
|---|--|
| 1) $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ | 2) $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ |
| 3) $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 4) $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HF} = \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ |
| 5) $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | |
| 6) $2\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{Cl}_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca(OCl)}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | |
| 7) $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SiO}_3 = \text{CaSiO}_3 + 2\text{NaOH}$ | |
| 8) $3\text{Ca(OH)}_2 + 2(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{NH}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ | |
| 9) $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{CaS} + 2\text{H}_2\text{O}$ | |

За определение элемента X

– 1 балл

За установление формул веществ 1–10 – по 1 баллу, всего

– 10 баллов

За уравнения реакций (1)–(9) – по 1 баллу, всего

– 9 баллов

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 10-3. «Подделка».

Рекомендации к решению:

1. Для установления формулы образца поддельного растворителя найдем среднюю молярную массу образовавшейся смеси газов:

$$D_{\text{воздух}}^{\text{смесь}} = \frac{M(\text{смесь})}{M(\text{воздух})} \rightarrow M(\text{смесь}) = D_{\text{воздух}}^{\text{смесь}} \cdot M(\text{воздух}) = 1,0345 \cdot 29 = 30 \text{ г/моль}$$

Зная среднюю молярную массу смеси, найдем мольные доли компонентов. В составе продуктов сгорания только углекислый газ и пары воды, т.к. в условии отмечено, что «вещество X – представитель класса углеводородов». Пусть x – мольная доля углекислого газа, тогда $(1 - x)$ – мольная доля воды:

$$M(\text{смеси}) = \chi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \chi(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) \quad 30 = x \cdot 44 + (1 - x) \cdot 18$$

$$x = 0,4615 - \text{мольная доля CO}_2 \quad 0,5385 - \text{мольная доля H}_2\text{O}$$

Зная мольные доли, можно установить формулу вещества X двумя путями.

Способ 1: умножим долю воды на 2, т. к. при сгорании сложных веществ водород переходит в молекулу воды. Затем найдем отношения долей:

$$\begin{array}{c} \text{C:H} \\ \chi(\text{C}) : 2 \cdot \chi(\text{H}) \\ 0,4615 : 2 \cdot 0,5385 \mid : 0,4516 \\ 1 : 2,33 \end{array}$$

Значение «2,33» представляет собой обыкновенную дробь $2\frac{1}{3}$. Приводя целую часть в дробную, получаем:

$$\begin{array}{l} \text{C:H} \\ 1 : \frac{7}{3} \mid \cdot 3 \\ 3 : 7 \end{array}$$

Однако углеводорода состава «C₃H₇» не существует. Такая частица может представлять собой, например, радикал, который прекрасно рекомбинируются. Поэтому после умножения состава на 2 получаем углеводород C₆H₁₄.

Способ 2: классический способ установления формулы вещества заключается в использовании количеств веществ. Попробуем установить количества углекислого газа и воды. Обозначим за x – количество углекислого газа, а за y – количество воды. Так как появились две переменные, нужно составлять систему уравнений.

Для первого уравнения можно использовать данную в условии массу сожженного вещества, которая равна: $M(\text{C}) \cdot n(\text{C}) + M(\text{H}) \cdot n(\text{H}) = m$
 $12 \cdot x + 1 \cdot y = 5$

Для второго уравнения можно использовать определение мольной доли, которые найдены ранее. Будем использовать мольную долю углекислого газа:

$$\begin{aligned} \chi(\text{CO}_2) &= \frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{CO}_2) + n(\text{H}_2\text{O})} \\ 0,4615 &= \frac{x}{x + y} \end{aligned}$$

Таким образом, система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 12 \cdot x + y = 5 \\ \frac{x}{x + y} = 0,4615 \end{cases}$$

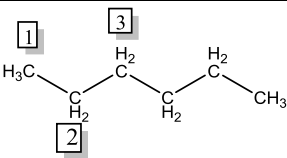
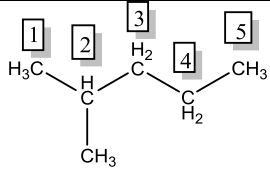
Решая систему любым, известным способом получаем:

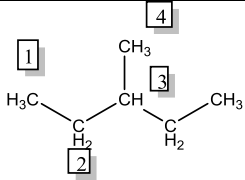
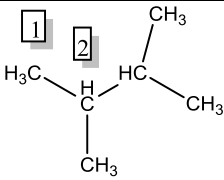
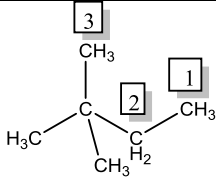
$$\begin{cases} x = 0,38 \text{ моль CO}_2 \\ y = 0,4431 \text{ моль H}_2\text{O} \end{cases}$$

Далее выведем формулу стандартным путем, не забывая умножить на 2 количество воды:

$$\begin{aligned} \text{C : H} \\ n(\text{CO}_2) : 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) \\ 0,38 : 2 \cdot 0,4431 \\ 0,38 : 0,8862 \mid : 0,38 \\ 1 : 2,33 \\ 1 : \frac{7}{3} \mid \cdot 3 \\ 3 : 7 \mid \cdot 2 \\ 6 : 14 \\ \text{C}_6\text{H}_{14} \end{aligned}$$

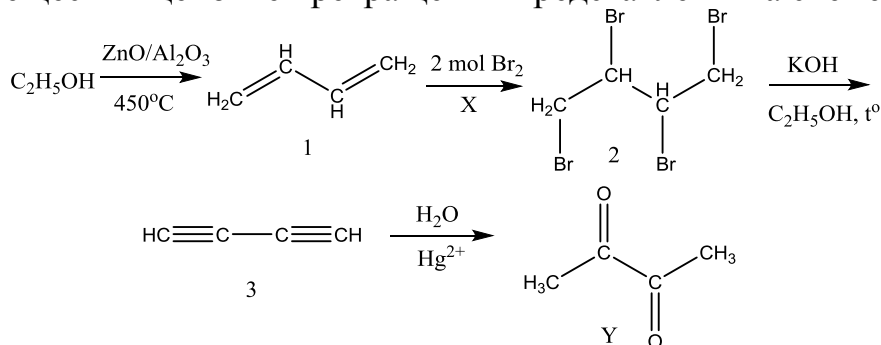
2. Зная, что искомое вещество какой-то гексан, определим, какие именно гексаны присутствуют в составе в смеси. Самый простой путь для этого – изобразить все изомеры гексана и определить число неэквивалентных гидрогенизированных атомов углерода в составе молекулы. Число неэквивалентных гидрогенизированных атомов углерода и будет отражать количество возможных изомеров, т.к. в каждом случае возможно несколько вариантов замещения.

Структуры изомеров гексана. Число неэквивалентных гидрогенизированных атомов указано на рисунках.	
 н-гексан	 2-метилпентан

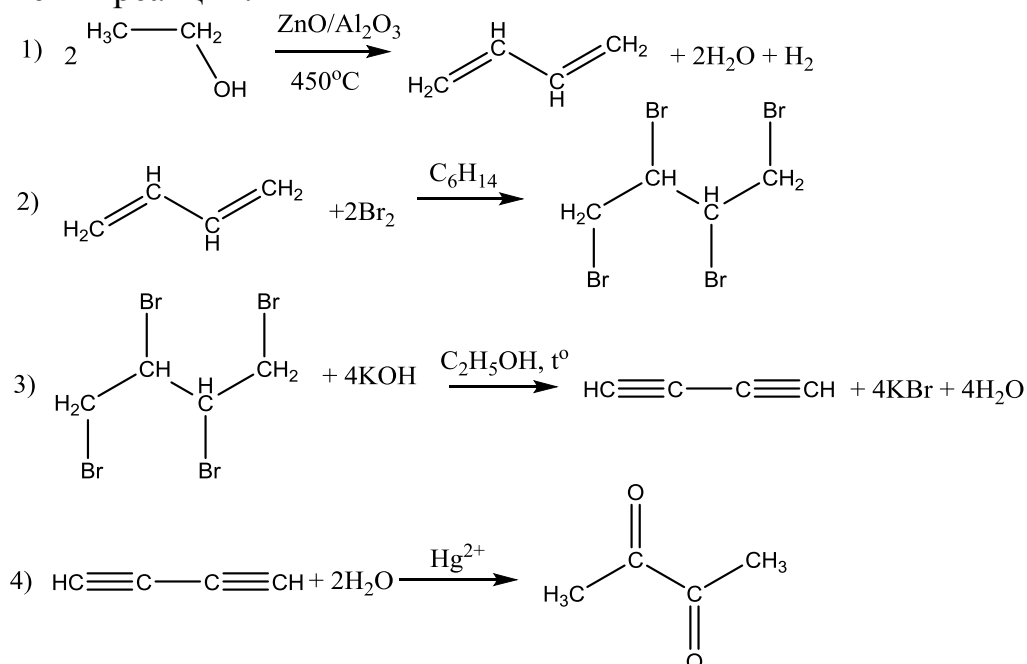
 3-метилпентан	 2,3-диметилбутан
 2,2-диметилбутан («неогексан»)	

Из таблицы видно, что 5, 4 и 2 продукта при монобромировании дают вещества 2-метилпентан, 3-метилпентан и 2,3-диметилбутан, соответственно.

3. Структуры веществ в цепочке превращений представлены на схеме:



Уравнения реакций:



Нахождение молекулярной массы смеси газов

– 1 балл

Установлены мольные доли газов в смеси

– 2 балла

Выведена формула углеводорода

– 3 балла

Определены структуры изомеров, удовлетворяющих условию,
по 3 балла, всего

– 6 баллов

Определены структуры веществ 1-3, Y, по 1 баллу, всего

– 4 балла

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 10-4. «Приятного аппетита!».

Рекомендации к решению и оценке:

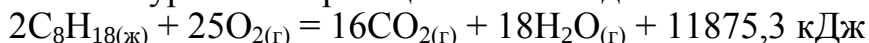
1. Вещество X содержит 8 атомов углерода, его формула удовлетворяет общей формуле классов алканов C_nH_{2n+2} , поэтому назовем этот углеводород «октан».

2. Термохимическим называется уравнение реакции, в котором указаны агрегатные состояния продуктов и реагентов и значение теплового эффекта реакции.

По закону Гесса, вычислим тепловой эффект реакции:

$$\Delta Q_r^0 = 18 \cdot \Delta Q_f^0(H_2O) + 16 \cdot \Delta Q_f^0(CO_2) - 25 \cdot \Delta Q_f^0(O_2) - 2 \cdot \Delta Q_f^0(C_8H_{18}) = \\ = 18 \cdot 285,8 + 16 \cdot 393,5 - 25 \cdot 0 + 2 \cdot 208,45 = 11857,3 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение реакции имеет вид:



3. Чтобы найти необходимое количество бензина для восполнения суточной потребности, составим пропорцию.

Суточная потребность ($Q(\text{чел})$, кДж): $2200 \cdot 4,19 = 9218 \text{ кДж}$.

$$\frac{2 \text{ моль } (C_8H_{18})}{X \text{ моль } (C_8H_{18})} = \frac{11857,3 \text{ кДж}}{9218 \text{ кДж}} \\ X = 1,56 \text{ моль}$$

Найдем массу бензина: $m(C_8H_{18}) = v(C_8H_{18}) \cdot M(C_8H_{18}) = 1,56 \cdot 114 = 177,84 \text{ г}$

Зная плотность, найдем необходимый объем бензина:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{177,84}{710} = 0,25 \text{ л}$$

4. Оценим «энергетический запас» ($Q(C_8H_{18})$) 10 литров бензина:

$$m(C_8H_{18}) = \rho(C_8H_{18}) \cdot V(C_8H_{18}) = 710 \cdot 10 = 7100 \text{ г} \\ v(C_8H_{18}) = m(C_8H_{18}) / M(C_8H_{18}) = 7100 / 114 = 62,28 \text{ моль} \\ \frac{2 \text{ моль } (C_8H_{18})}{62,28 \text{ моль } (C_8H_{18})} = \frac{11857,3 \text{ кДж}}{X \text{ кДж}} \\ Q(C_8H_{18}) = X = 369236,3 \text{ кДж}$$

Зная «энергетический запас» 10 литров и суточную потребность человека в энергии ($Q(\text{чел})$), найдем продолжительность «бензиновой диеты»:

$$n(\text{дней}) = Q(C_8H_{18}) / Q(\text{чел}) = 369236,3 / 9218 = 40 \text{ дней}$$

Также можно воспользоваться данными из предыдущего пункта. Зная, что 0,25 л хватит для восполнения суточной потребности, можно найти количество дней, в течение которых можно «питаться» 10 литрами бензина: $10 / 0,25 = 40 \text{ дней}$.

5. Атомные массы водорода и углерода сильно отличаются – углерод значительно тяжелее. Чтобы добиться равенства массовых долей, в составе углеводорода должно быть как можно больше водорода и как можно меньше углерода. Такому условию удовлетворяет представитель класса алканов метан, т.к. именно в нем достигается выполнение условия «максимальное число атомов водорода при минимальном числе атомов углерода».

В метане 1 атом углерода, масса которого 12 а.е.м., значит, на 4 атома водорода должно приходиться 12 а.е.м., т.е. по 3 а.е.м. на каждый атом. На первый взгляд, такое не может быть, но существует изотоп водорода – тритий, масса атома которого равна 3 а.е.м.

Таким образом, искомый углеводород имеет формулу CT_4 – метан, в котором вместо протия находятся атомы трития.

За название вещества X

– 1 балл

За составление термохимического уравнения реакции

– 3 балла

(Если составлено просто уравнение

– 1 балл)

За вычисление теплового эффекта реакции

– 4 балла

(Если тепловой эффект вычислен без учета

стехиометрических коэффициентов, то

– 2 балла)

За перевод суточной потребности из ккал в кДж	– 2 балла
За нахождение объема бензина	– 4 балла
За нахождение продолжительности «бензиновой диеты» любым способом	– 3 балла
За нахождение формулы углеводорода	– 3 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 10 класса – 80 баллов

ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11-1. «#ОставайсяДома».

Рекомендации к решению и оценке:

- Находим $m_{p-p}(C_2H_5OH)$, используя формулу: $\rho = m/V$
 $m_{p-p}(C_2H_5OH) = 0,811 \text{ г/мл} \cdot 83,3 \text{ мл} = 67,5563 \text{ г}$.
 $m_{в-в} = m_{p-p} \cdot \omega$
Рассчитываем $m_{в-в}(C_2H_5OH) = 67,473 \text{ г} \cdot 0,96 = 64,854 \text{ г}$.
Находим $m_{p-p}(C_3H_8O_3) = 1,45 \text{ мл} \cdot 1,261 \text{ г/мл} = 1,83 \text{ г}$.
Находим $m_{p-p}(H_2O_2) = 0,00417 \text{ л} \cdot 1009,5 \text{ г/л} = 4,21 \text{ г}$.
Находим массу воды, которую необходимо добавить, приняв ее за X, составив следующее неравенство: $0,8 = 64,774 / 67,473 + 1,83 + 4,21 + X$
Находим X, он равен 7,47, следовательно, масса воды 7,47 г.
Находим объем воды: $V(H_2O) = 7,52 \text{ г} : 1 \text{ г/мл} = 7,52 \text{ мл}$
 - Три способа получения (ученик вправе предложить другие способы получения) $BaO_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + H_2O_2$ (0°C)
 $Na_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2O_2$
 $(CH_3)_2CH(OH) + O_2 \rightarrow CH_3COCH_3 + H_2O_2$
 - H₂O₂ - восстановитель** (ученик вправе предложить другие уравнения)
 $5H_2O_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5O_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$
 $3H_2O_2 + KClO_3 \rightarrow KCl + 3O_2 + 3H_2O$
 - H₂O₂ - окислитель** (ученик вправе предложить другие уравнения)
 - с органическим веществом:
 $\underset{\text{АЛЛИЛОВЫЙ СПИРТ}}{CH_2CHCH_2(OH)} + H_2O_2 \rightarrow \underset{\text{ГЛИЦЕРИН}}{CH_2(OH)CH(OH)CH_2(OH)}$
 - с неорганическим веществом: $2KI + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + I_2 + 2H_2O$
- | | |
|--|------------|
| За нахождение массы раствора спирта | – 1 балл |
| За нахождение массы вещества спирта | – 1 балл |
| За нахождение массы раствора глицерина | – 1 балл |
| За нахождение массы раствора перекиси водорода | – 1 балл |
| За нахождение массы воды | – 1 балл |
| За нахождение объема воды | – 1 балл |
| За составления уравнения получения H ₂ O ₂ , по 2 балла, всего | – 6 баллов |
| За составления уравнения, где H ₂ O ₂ – в-ль, по 2 балла, всего | – 4 балла |
| За составления уравнения, где H ₂ O ₂ – ок-ль, по 2 балла, всего | – 4 балла |

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 11-2. «Нетривиально».

Рекомендации к решению и оценке:

Смотри решение задачи 10-2 (стр. 17 – 18) .

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

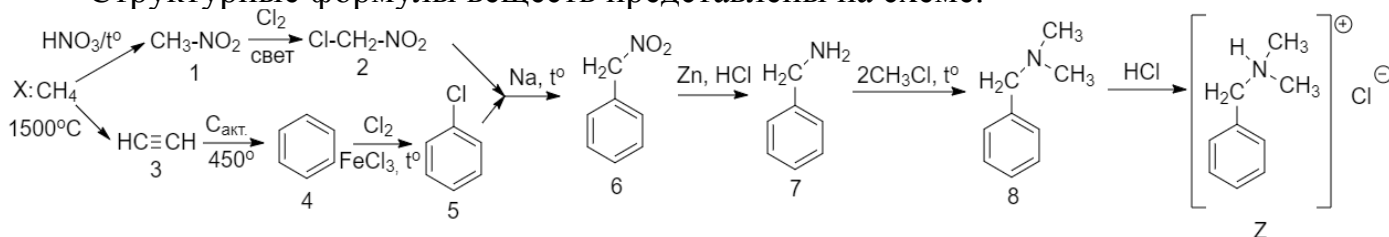
Задача 11-3. «Дезинфекция».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Подсказкой для определения вещества X является фраза «простейший представитель углеводородов». Речь идет о метане – CH₄. Вещество можно определить и по данным в условии массовым долям.

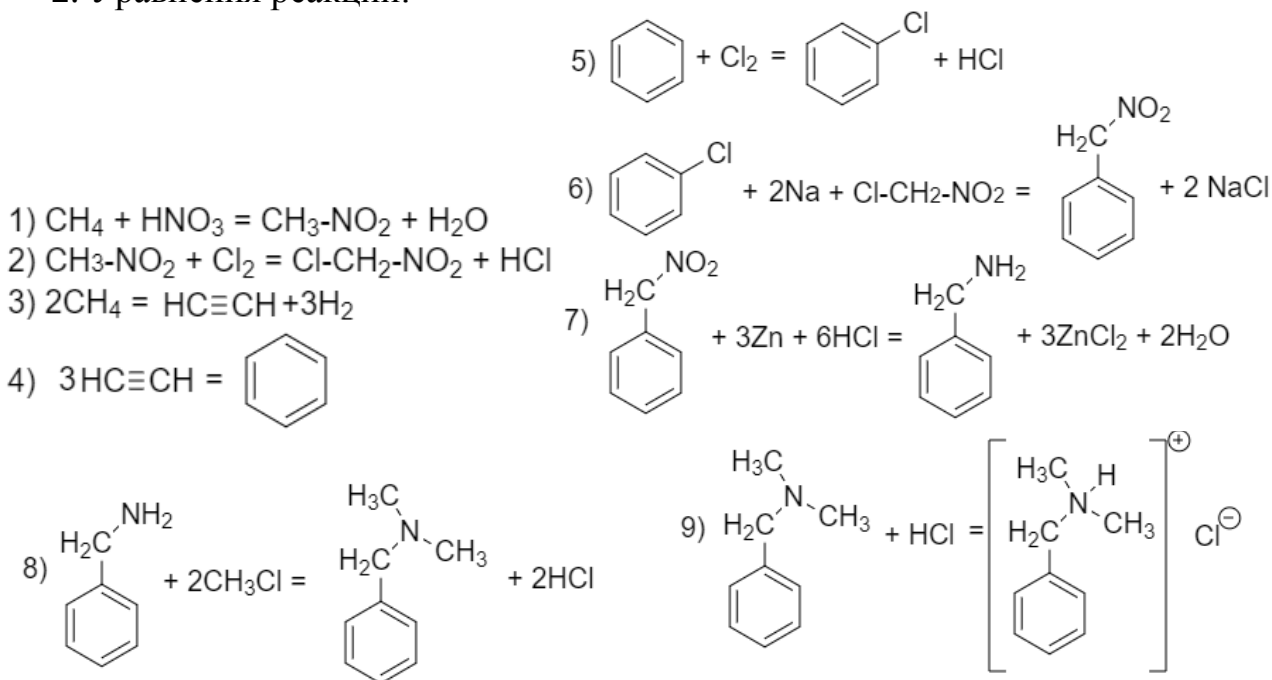
$$\begin{aligned} \omega(\text{C}) / M(\text{C}) : \omega(\text{H}) / M(\text{H}) \\ 74,87 / 12,011 : 25,13 / 1,0079 \\ 6,23 : 24,9 \mid : 6,23 \\ 1 : 4 \\ \text{CH}_4 \end{aligned}$$

Структурные формулы веществ представлены на схеме:



Вещество Z представляет собой соль (хлорид бензалкония) с формулой C₉H₁₄NCl, что удовлетворяет массовой доле в условии задачи: $12,011 \cdot 9 / (12,011 \cdot 9 + 1,0079 \cdot 14 + 14,007 + 35,5) = 108,099 / 171,7166 = 62,95\%$

2. Уравнения реакций:



За определение веществ X и Z, подтвержденное расчетами

(За определение веществ X и Z без расчетов

За определение веществ 1-8 по 1 баллу, всего

За уравнения реакций (1)–(9) – по 1 баллу, всего

(Схемы реакций не оцениваются)

– 3 балла

– 1 балл)

– 8 баллов

– 9 баллов

Максимальное число баллов за задачу

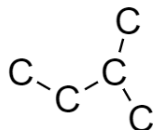
– 20 баллов

Задача 11-4. «Приятного аппетита!».

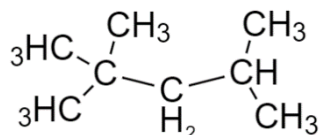
Рекомендации к решению и оценке:

1. Известно, что при хлорировании образуются одно третичное монохлорпроизводное и одно вторичное монохлорпроизводное, значит, еще два хлорпроизводных – это разные первичные монохлорпроизводные.

Изобразим фрагмент молекулы, в которой есть вторичный и третичный атом углерода (атомы водорода опущены для краткости):



В такой структуре использованы 5 атомов углерода. Из нее можно получить третичное хлорпроизводное, вторичное и одно первичное, т.к. «верхний» атом углерода у третичного атома ничем не отличается от «нижнего». Остается добавить еще одно первичное хлорпроизводное и три атома углерода. Для этого идеально подходит «левый» атом углерода. Итоговая структура имеет вид:



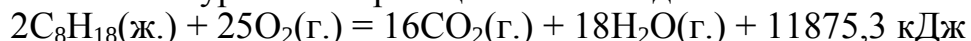
Номенклатурное название: 2,2,4-триметилпентан (изооктан).

2. Термохимическим называется уравнение реакции, в котором указаны агрегатные состояния продуктов и реагентов и значение теплового эффекта реакции.

По закону Гесса, вычислим тепловой эффект реакции:

$$Q_r^0 = 18 \cdot Q_f^0(\text{H}_2\text{O}) + 16 \cdot Q_f^0(\text{CO}_2) - 25 \cdot Q_f^0(\text{O}_2) - 2 \cdot Q_f^0(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 18 \cdot 285,8 + 16 \cdot 393,5 - 25 \cdot 0 + 2 \cdot 208,45 = 11857,3 \text{ (кДж)}$$

Термохимическое уравнение реакции имеет вид:



3. Чтобы найти необходимое количество бензина для восполнения суточной потребности, составим пропорцию.

Суточная потребность ($Q(\text{чел.})$, кДж): $2200 \cdot 4,19 = 9218 \text{ (кДж)}$.

$$\frac{2 \text{ моль } (\text{C}_8\text{H}_{18})}{X \text{ моль } (\text{C}_8\text{H}_{18})} = \frac{11857,3 \text{ кДж}}{9218 \text{ кДж}}$$

$$X = 1,55 \text{ моль}$$

Найдем массу бензина: $m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = v(\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 1,56 \cdot 114 = 176,7 \text{ (г)}$

Зная плотность, найдем необходимый объем бензина:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{177,84}{710} = 0,25 \text{ л}$$

4. Оценим «энергетический запас» ($Q(\text{C}_8\text{H}_{18})$) 10 литров бензина:

$$m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \rho(\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot V(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 710 \cdot 10 = 7100 \text{ (г)}$$

$$v(\text{C}_8\text{H}_{18}) = m(\text{C}_8\text{H}_{18}) / M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 7100 / 114 = 62,28 \text{ (моль)}$$

$$\frac{2 \text{ моль } (\text{C}_8\text{H}_{18})}{62,28 \text{ моль } (\text{C}_8\text{H}_{18})} = \frac{11857,3 \text{ кДж}}{X \text{ кДж}}$$

$$Q(\text{C}_8\text{H}_{18}) = X = 369236,3 \text{ кДж}$$

Зная «энергетический запас» 10 литров и суточную потребность человека в энергии ($Q(\text{чел.})$), найдем продолжительность «бензиновой диеты»:

$$n(\text{дней}) = Q(\text{C}_8\text{H}_{18}) / Q(\text{чел.}) = 369236,3 / 9218 = 40 \text{ (дней)}$$

Также можно воспользоваться данными из предыдущего пункта. Зная, что 0,25 л хватит для восполнения суточной потребности, можно найти количество дней, в течение которых можно «питаться» 10 литрами бензина: $10 / 0,25 = 40 \text{ (дней)}$.

5. Атомные массы водорода и углерода сильно отличаются – углерод значительно тяжелее. Чтобы добиться равенства массовых долей в составе углеводорода, должно быть как можно больше водорода и как можно меньше углерода. Такому условию удовлетворяет представитель класса алканов метан, т.к. именно в нем достигается выполнение условия «максимальное число атомов водорода при минимальном числе атомов углерода».

В метане 1 атом углерода, масса которого 12 а.е.м., значит, на 4 атома водорода должно приходиться 12 а.е.м., т.е. по 3 а.е.м. на каждый атом. На первый взгляд,

такое не может быть, но существует изотоп водорода – тритий, масса которого равна 3 а.е.м.

Таким образом, искомый углеводород имеет формулу CT_4 – метан, в котором вместо протия находятся атомы трития.

За название вещества X	– 1 балл
За установление структуры вещества X	– 2 балла
За составление термохимического уравнения реакции (Если составлено просто уравнение)	– 2 балла – 1 балл)
За вычисление теплового эффекта реакции (Тепловой эффект вычисленный без учета стехиометрических коэффициентов не оценивается)	– 3 балла
За перевод суточной потребности из ккал в кДж	– 2 балла
За нахождение объема бензина	– 4 балла
За нахождение продолжительности «бензиновой диеты» любым способом	– 3 балла
За нахождение формулы углеводорода	– 3 балла
Максимальное число баллов за задачу	– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 11 класса – 80 баллов

Уважаемые коллеги!

Центр дополнительного образования одаренных школьников приглашает Вас и Ваших учеников принять участие в турнире юных химиков, который состоится 19-20 декабря 2020 года.

Что такое турнир?



Турнир юных химиков – это увлекательная и познавательная форма соревнований школьников, где учащиеся кроме знания химии могут проявить умение решать научные проблемы, проводить химический эксперимент и анализировать результаты, логически мыслить, доказывать свою правоту в дискуссии с другими школьниками и компетентным жюри. Основная форма соревнований – командный химический бой. Команда состоит из 3-5 учеников 8-11 классов.

Турнир не является олимпиадой или конференцией, хотя сочетает в себе черты и того, и другого. Предлагаемые задачи не имеют окончательного и однозначного решения и допускают использование разнообразных подходов. Они публикуются за 2 месяца до начала соревнования, и каждая команда имеет достаточное время на подготовку.

Контакты



Официальный сайт: <http://cdoosh.ru>
Страничка турнира: <https://cdoosh.ru/kyct/>
Контактные телефоны: (8332) 36-00-63 (Химическое отделение)
8-912-720-71-95 Бакулева Марина Александровна,
E-mail: mbakuleva@yandex.ru,
smschemkirov@gmail.com (с пометкой турнир юных химиков)