



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

ХИМИЯ, 2021

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2021/2022 учебном году



**Киров
2021**

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 2021–2022 учебном году / Сост. И. М. Алалыкина, М. А. Бакулева, И. Д. Кормщиков, О.В. Навалихина, И. А. Токарева// Под ред. Е. В. Бересневой, М. А. Зайцева, А. Н. Лямина, И. А. Токаревой. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2021. – 31 с.

Авторы, составители

Алалыкина И. М.	методист ЦДООШ;
Бакулева М. А.	методист ЦДООШ;
Кормщиков И. Д.	студент 4 курса химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова»;
Навалихина О.В.	учитель химии КОГОАУ ЛЕН;
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., заведующий кафедрой 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 29.11.2021

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, 2021.

© Алалыкина И.М., Бакулева М. А., Кормщиков И. Д., Навалихина О.В., Токарева И. А., 2021.

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 2021–2022 учебном году составит для учащихся 7-8-х классов – 2 академических часа (90 минут), для учащихся 9-11 классов – 3 академических часа (135 минут).

Общие положения

Настоящие методические рекомендации предназначены для членов жюри муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии в Кировской области в 2021–2022 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. «Скляночки и баночки». Лаборант ВасилёК собирал практическую работу для 8 класса по теме «Признаки химических реакций». На поднос к остальному оборудованию он поставил 1 банку с твердым веществом в виде гранул и 4 склянки с растворами: с двумя бесцветными и с двумя окрашенными. Один из окрашенных растворов имел желтый цвет.

В первом опыте реагировали два вещества. В результате взаимодействия между ними учащиеся наблюдали выделение бесцветного газа без запаха. Относительная плотность выделяющегося газа по воздуху равна 0,069. Во втором опыте взаимодействовали два раствора, не использованные в первом опыте. Признаком реакции в данном случае было выпадение голубого желеобразного осадка.

Для проведения третьего опыта использовали раствор из первого опыта и один из окрашенных растворов. После окончания реакции между этими растворами произошло изменение цвета.

В четвертом опыте протекала реакция между двумя бесцветными растворами. В результате реакции не происходило выделение газа, образование осадка и изменение цвета, но учащиеся отметили, что пробирка нагрелась.

Задания:

1. Определите вещества, которые были выданы учащимся. Запишите формулы и названия данных веществ.

2. Составьте уравнения описанных реакций.

Ваш ответ оформите в виде таблицы:

Номер опыта	Реагирующие вещества		Уравнение реакции
	Первое вещество	Второе вещество	
1			
2			
3			
4			

3. Определите относительную молекулярную (молярную) массу выделяющегося газа, приведите необходимые расчеты.

Задача 8-2. «Крестики-нолики». Знайка Зазнайкина (**ЗЗ**) и лаборант ВасилёК (**В**) решили на перемене сыграть в «крестики-нолики» на следующем поле. В каждой клеточке находится фотография какой-либо химической посуды или оборудования. Вам необходимо восстановить последовательность ходов. Знайка Зазнайкина, играла «ноликами».



1 ход (В): Лаборант ВасилёК выбрал клетку, где изображен сосуд, который он использовал для точного измерения объема воды, при приготовлении растворов.

2 ход (ЗЗ): Знайка Зазнайкина выбрала клетку, где изображен металлический предмет, используемый при сжигании веществ или при работе с горячими предметами.

3 ход (В): В этот раз Лаборант ВасилёК выбрал клетку, где изображен прибор, с помощью которого получают различные газы. Например, в данном приборе из веществ А и Б можно получить газ, вызывающий помутнение известковой воды.

4 ход (ЗЗ): Знайка Зазнайкина заметила, что, если сейчас не сделает правильный ход, она проиграет. Поэтому она быстро выбирает клетку, где изображен самый простой, измельчитель твердых веществ.

5 ход (В): Лаборант ВасилёК очень уверенно занимает следующую клетку, сопровождая фразой: «От первых антибиотиков до выращивания стволовых клеток, от наблюдения за микроорганизмами до тестирования новых лекарств – всё это возможно благодаря ей!»

6 ход (ЗЗ): Знайка Зазнайкина не сдаётся и не даёт лаборанту построить ряд из трёх клеток. Она выбирает клетку где изображена посуда, которой уже научилась пользоваться в 8 классе, т.к. на практической работе проводили 2 опыта, сначала смешали раствор иодида калия с бесцветным раствором вещества В, получили ярко-желтый осадок вещества Г, а затем добавили воды, нагрели его на спиртовке, он сначала растворился, а затем появились золотистые кристаллики.

7 ход (В): Лаборант ВасилёК совершает свой последний ход, при этом он выбирает клетку, где изображен стеклянный сосуд. Этот сосуд имеет несколько названий: колба с тубусом, вакуумная колба. Этот сосуд применяют для фильтрации под вакуумом.

8 ход (ЗЗ): Знайка же выбирает клетку, где изображен прибор, который она видела в своем учебнике химии 8 класса в теме «Чистые вещества и смеси, способы разделения смесей».

Задания:

1. Следуя за текстовой трансляцией встречи, восстановите последовательность ходов, сделанных Знайкой Зазнайкиной и ВасильКом. Впишите последовательность ходов в матрицу 3×3 клетки, указывая номер хода и значок (крестик или нолик), например **1 – X**. На каком ходу решилась судьба партии? Определите результат игры. Победителем игры считается тот, кто первым займет горизонтальный, вертикальный или диагональный ряд.

2. Перечислите название посуды и оборудования, которые выбрали участники игры последовательно по ходам.

3. На поле осталась клеточка, которую никто не выбрал. Дайте название и укажите назначение посуды, которая изображена на ней.

4. Назовите вещества А, Б, В и Г.

5. Составьте уравнения всех реакций, упоминавшихся по ходу игры.

6. Рассчитайте объем газа, который вступит в реакцию третьего хода игры, если взято 100 мл известковой воды с массовой долей растворенного вещества 0,1%. Плотность раствора принять равной 1 г/см^3 .

Задача 8-3. «Оксиды». Лаборант ВасилёК взвесил 5,00 г фиолетовых кристаллов (**вещество А**), поместил их в пробирку с газоотводной трубкой. Пробирка с газоотводной трубкой была герметично соединена со стеклянной трубкой (рисунок 1), в которой находился порошок металла красного цвета (**вещество Б**). При нагревании фиолетовых кристаллов **вещества А** из пробирки выделялся бесцветный газ (**вещество В**) – реакция 1. При пропускании газа в стеклянную трубку, цвет порошка изменился на черный (**вещество Г**) – реакция 2.

Затем стеклянную трубку присоединили к прибору для получения газов, в котором выделялся газообразный водород (рисунок 2). Ток выделяющегося водорода также пропустили в стеклянную трубку. Порошок снова по-

краснел, при этом образовалось **вещество Е** кирпично-красного цвета, не являющееся исходным металлом. На стенках стеклянной трубки при охлаждении конденсировались капельки жидкости (**вещество Д**) – реакция 3.



Рисунок 1



Рисунок 2

Задания:

1. Составьте формулы и назовите вещества **А, Б, В, Г, Д, Е**.
2. Приведите уравнения реакций 1, 2, 3.
3. Рассчитайте объем водорода, вступившего в реакцию 3, учитывая, что вещество **Г** прореагировало полностью, а в результате образовалось только вещество **Е**.

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. «Космическая одиссея». На борту первых искусственных спутников Земли в состав систем жизнеобеспечения (СЖО) для собак входили некоторые элементы будущих СЖО для космонавтов: устройство для приема пищи, очистка атмосферы. Обеспечение веществом **Б** и очистка атмосферы на борту осуществлялись с помощью следующих реакций:

- 1) $4АБ_2 + 2В_2Б \rightarrow 3Б_2 + 4АБВ$
- 2) $2АБВ + ГБ_2 \rightarrow А_2ГБ_3 + В_2Б$
- 3) $А_2ГБ_3 + В_2Б + ГБ_2 \rightarrow 2АВГБ_3$

Задания:

1. Установите формулы зашифрованных элементов **А, Б, В, Г**, используя следующие справочные данные

Вещество	V_m (моль/м ³)	ρ (кг/м ³)	Массовая доля элемента А (%)
АБ ₂	$3,29 \cdot 10^{-5}$	2158	54,93

2. Составьте уравнения всех реакций

Задача 9-2. «Крестики-нолики». Ученик 9 класса Вова Б. на перемене сыграл в крестики-нолики со Знайкой Зазнайкиной на следующем поле:

$\text{Ba}(\text{OH})_2$	Na_2S	Свинцовый сахар
CH_3COOH	Купоросное масло	CoCl_2
Питьевая сода	Нашатырный спирт	NaBr

В каждой клеточке находится формула или название исходного вещества какой-либо реакции. Вам необходимо восстановить последовательность ходов. Знайка Зазнайкина, разумеется, играла «крестиками».

1 ход (ЗЗ): При пропускании в раствор *исходного вещества (1)* бесцветного газа с резким запахом \mathbf{R}_1 , наблюдаем выпадение белого осадка \mathbf{P}_1 , который обесцвечивает подкисленный серной кислотой малиновый раствор натриевой соли \mathbf{R}_2 , при этом состав осадка изменяется (образуется вещество \mathbf{P}_2).

2 ход (ВБ): При добавлении *исходного вещества (2)*, обладающего впечатляющей гигроскопичностью, к безводной соли калия оранжевого цвета \mathbf{R}_3 образуются темно-красные кристаллы \mathbf{P}_3 . Вещество \mathbf{P}_3 является ангидридом двух кислот, соли которых в растворе обладают разной окраской. Внимание! Все вещества этого хода очень опасны!

3 ход (ЗЗ): При пропускании в бесцветный раствор *исходного вещества (3)* ядовитого газа с резким запахом \mathbf{R}_4 , название которого прямо указывает на его цвет, образуется неполярное простое вещество \mathbf{P}_4 , название которого явно намекает на его запах. Вещество \mathbf{P}_4 плохо растворяется в воде и значительно лучше – в органических растворителях, окрашивая их в оранжевый цвет.

4 ход (ВБ): Если к раствору, приготовленному из *исходного вещества (4)*, прибавить бескислородную соль \mathbf{R}_5 , действующий компонент лекарственного препарата «Йодомарин», то можно наблюдать образование ярко-желтого осадка \mathbf{P}_5 . Этот опыт иногда называют «Золотой дождь».

5 ход (ЗЗ): При высыпании в горячую воду смеси *исходного вещества (5)* с известным голубым пятиводным кристаллогидратом \mathbf{R}_6 происходит выделение бесцветного газа \mathbf{P}_6 и выпадение осадка зеленого цвета \mathbf{P}_7 , название которого можно встретить в библиографии Павла Петровича Бажова.

6 ход (ВБ): Если к зеленому осадку \mathbf{P}_7 добавить раствор *исходного вещества (6)*, можно получить новую порцию газа \mathbf{P}_6 и голубой раствор соли \mathbf{P}_8 .

7 ход (ЗЗ): При добавлении к *исходному веществу (7)* голубого раствора соли \mathbf{P}_8 наблюдаем образование ярко-синего раствора комплексной соли \mathbf{P}_9 . Если же добавлять *исходное вещество (7)* к голубому раствору соли \mathbf{P}_8 , то сначала мы увидим образование голубого осадка вещества \mathbf{P}_{10} .

8 ход (ВБ): При взаимодействии розового раствора *исходного вещества (8)* с ортофосфатом натрия образуется фиолетовый осадок соли P_{11} .

9 ход (ЗЗ): При добавлении к *исходному веществу (9)* раствора хлорида желто-бурого цвета R_7 происходит реакция, сопровождающаяся выпадением двух осадков. Осадок P_{12} имеет черную окраску и может растворяться в кислотах, например, в соляной кислоте, а осадок P_{13} желтого цвета диспропорционирует при растворении в щелочах, например, в растворе едкого натра.

Задания:

1. Следуя за текстовой трансляцией встречи, восстановите последовательность ходов, сделанных Знайкой Зазнайкиной и Вовой Б. Впишите последовательность ходов в матрицу 3×3 клетки, указывая номер хода и значок (крестик или нолик), например 1 – X. На каком ходу решила судьба партии?

2. Запишите уравнения *всех* химических реакций, упомянутых в тексте задачи.

Задача 9-3. «E518». Флоатинг – это уникальный терапевтический метод достижения глубинной релаксации. Человек, облаченный в специальный костюм, помещается в камеру, изолирующую человека от любых ощущений: звук, свет и запах. Камера заполняется раствором высокой плотности, температура которого соответствует температуре человеческого тела. Пребывание внутри камеры позволяет полностью отключить внешние раздражители и погрузиться в состояние, которое воспринимается как невесомость.

Для приготовления раствора для погружения используют вещество X. Чтобы установить состав вещества X провели несколько опытов:

А) К раствору вещества X добавили раствор NaOH. Наблюдали выпадение белого гелеобразного осадка (реакция 1). Осадок отфильтровали и прокалили (реакция 2). В результате получили белое вещество, содержащее 40,00% по массе кислорода.

Б) К тому же раствору вещества X добавили раствор $Ba(NO_3)_2$. Наблюдали выпадение белого кристаллического осадка, содержащего 58,80% по массе бария (реакция 3).

В) При прокаливании вещество теряет 51,22% своей массы.

Задания:

1. Установите формулу вещества X. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Вычислите массу вещества X, которую необходимо взять для приготовления 300 л 30% раствора. Плотность раствора 1,3421 г/мл.
4. Приведите тривиальное название вещества X.
5. Что означает название задачи?

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «Космическая одиссея». В стратостате «СССР-1» (1933г.) предназначенного для полётов в стратосферу система жизнеобеспечения включала запасы криогенного и газообразного вещества А, который находился в баллонах под давлением.

Выдыхаемая человеком смесь газов не выводилась за пределы дыхательного контура, а снова использовалась для дыхания, очищенная от вещества **В** с помощью ХП-И — химического поглотителя.

В состав ХП-И входит 95 % вещества **С** и 5 % асбеста. Известно, что после поглощения вещества **В** образуется вещество **Д** при термическом разложении, которого массой 4,955 г выделилось 1,108 л углекислого газа, а сумма коэффициентов в данном уравнении равна 3.

Вещество **В** может также образовываться при сгорании одного моль вещества **Е** при этом выделяется 282,5 кДж тепла. Вычислите массу вещества **Е**, при сгорании, которого выделится 180,8 кДж тепла.

Задания:

1. Установите формулу веществ **А**, **В**, **С**, **Д** и **Е**
2. Составьте уравнения описанных реакций
3. Вычислите массу вещества **Е**

Задача 10-2. «Крестики-нолики». Ученик 10 класса Федя К. на перемене сыграл в крестики-нолики со Знойкой Зазнайкиной на следующем поле:

Реакция Зелинского	Синтез Фишера-Тропша	Реакция Коновалова
Реакция Фриделя-Крафтса	Синтез Лебедева	Реакция Вюрца-Фиттига
Синтез Кольбе	Реакция Вюрца	Реакция Вагнера

Восстановите последовательность ходов, вспомнив некоторые именные реакции. Зная Зазнайкина, разумеется, играла «крестиками».

1 ход (ЗЗ): При электролизе водного раствора натриевой соли одноосновной органической кислоты **R₁** (массовая доля металла 23,96%) получили углеводород **P₁** с массовой долей углерода 82,76%.

2 ход (ФК): При внутримолекулярной дегидратации, сопровождающейся дегидрированием, органического соединения **R₂** (массовая доля кислорода 34,78%) получили углеводород **P₂** с массовой долей водорода 11,11%.

3 ход (ЗЗ): При взаимодействии углеводорода **P₁** с 15%-ным раствором селитряного спирта образовалось вещество **P₃**, состоящее из четырех химических элементов, три из которых располагаются в периодической системе в соседних клетках. Массовые доли этих элементов (порядковые номера увеличиваются) в соединении составляют: 46,60%, 13,59% и 31,07%.

4 ход: (ФК): при пропускании под высоким давлением нагретой смеси двух неорганических газов **G₁₊₂** (молярная масса смеси 9,8 г/моль) над металлическими катализаторами может получиться углеводород **P₄** с массовой долей углерода 81,82%.

5 ход (ЗЗ): При нагревании продукта монобromирования R_3 углеводорода P_4 со щелочным металлом M_1 получается предельный углеводород P_5 с массовой долей углерода 83,72%.

6 ход (ФК): При пропускании углеводорода R_4 в нейтральный раствор перманганата калия происходит образование бурого осадка диоксида марганца, а в растворе остается органическое соединение P_6 , содержащее 42,11% кислорода по массе.

7 ход (ЗЗ): При пропускании над нагретым активированным углем углеводорода R_5 (относительная плотность по гелию 6,5) образуется жидкий углеводород P_7 (относительная плотность паров по гелию 19,5).

8 ход (ФК): Углеводороды R_4 и P_7 в присутствии катализатора хлорида алюминия образуют углеводород P_8 , имеющий тривиальное название (*какое?*), в котором количество атомов углерода и водорода относятся как 3 : 4.

9 ход (ЗЗ): При взаимодействии двух монобромпроизводных R_3 и R_6 (массовые доли брома в них 50,96% и 65,04%) со щелочным металлом M_1 образуется тот же углеводород P_8 .

Задания:

1. Следуя за текстовой трансляцией встречи, восстановите последовательность ходов, сделанных Знайкой Зазнайкиной и Федей К. Впишите последовательность ходов в матрицу 3×3 клетки, указывая номер хода и значок (крестик или нолик), например 1 – X. Определите результат игры.

2. Установите состав и строение реагентов $R_1 - R_6$, селитряного спирта, M_1 и G_{1+2} и продуктов $P_1 - P_8$. Для вещества P_8 напишите тривиальное название.

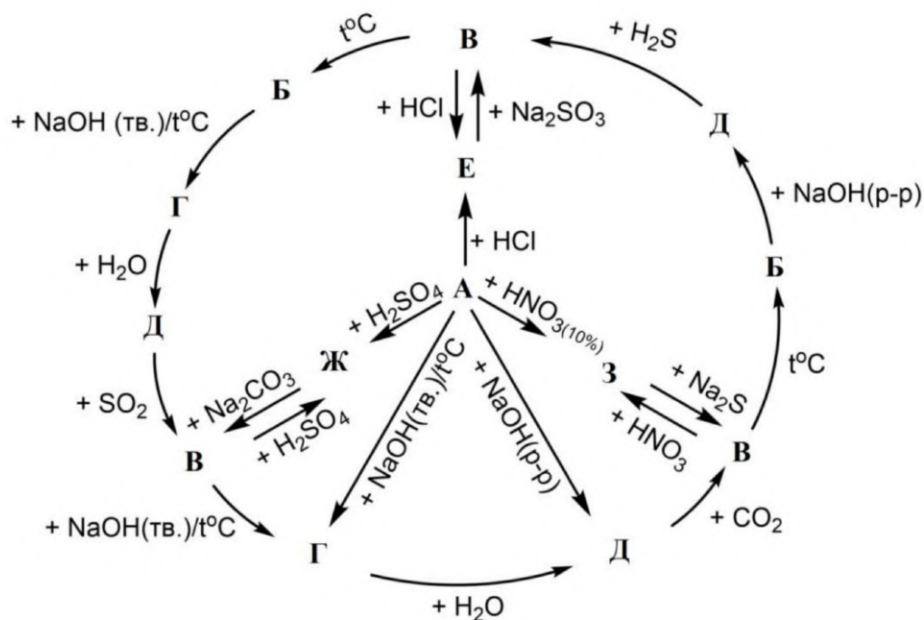
3. Запишите уравнения десяти химических реакций, упомянутых в задаче (девять именных в клетках игрового поля и еще одну найдите в тексте).

Задача 10-3. «Металл». На схеме представлены превращения соединений элемента А. Известно, что он образует простое вещество А, представляющее собой легкий серебристо-белый металл.

Задания:

1. Установите металл А. Определите вещества Б, В, Г, Д, Е, Ж, З.

2. Напишите уравнения реакций, зашифрованные стрелками.



ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

Задача 11-1. «Космическая одиссея». 15 января 2006 г. после семи лет путешествия космический корабль вернулся назад и сбросил на Землю капсулу с образцами звездной пыли.

Эксперимент оказался сверхудачным, так как на этих образцах нашли следы вещества **А**. Вещество явно имеет неземное происхождение, потому что в нём гораздо больше изотопов ^{13}C , чем в земном веществе **А**. Таким образом, учёные получили убедительные доказательства, что кометы действительно переносят жизнь из одной галактики в другую. То есть жители других планет могут быть гуманоидами, похожими на нас и внешне, и по обмену веществ, и по физиологии.

Известно, что вещество **А** взаимодействует с пропанолом-2 в молярном соотношении 1 : 1 с образованием вещества **Б**, которое содержит по массе 11,97% азота, 51,28% углерода, 27,35% кислорода и водород. Вещество **А** для промышленных целей получают взаимодействием вещества **В** с веществом **Г**. **В** – газообразное вещество при температуре 25°C массой 0,69г создает давление 10^5 Па и занимает объем 1дм^3 . Органическое вещество **Г** содержит всем известный атом галогена, название которого произошло от греческого слова $\chi\lambda\omega\rho\acute{o}\varsigma$ — «жёлто-зелёный».

Задания:

1. Установите его молекулярную формулу **А**, **Б**, **В** и **Г**
2. Составьте структурные формулы вещества **А**, **Б** и **Г**, которые отражают порядок связей атомов в молекуле
3. Напишите уравнение реакции получения вещества **Б** из вещества **А** и пропанола-2.
4. Напишите уравнение реакции получения вещества **А** из веществ **В** и **Г**.

Задача 11-2. «Крестики-нолики».

Ученик 11 класса Павел К. на перемене сыграл в крестики-нолики со Знайкой Зазнайкиной на следующем поле:

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	$\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$
$\text{Co}_2(\text{CO})_8$	$\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$	$\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{I}_2$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$

В каждой клеточке находится формула комплексного соединения. Вам необходимо восстановить последовательность ходов – описание свойств или

получения комплексного вещества. Знайка Зазнайкина, разумеется, играла «крестиками».

1 ход (ЗЗ): При растворении красных кристаллов исходного *вещества (1)* образовался зеленоватый раствор. При действии на красные кристаллы исходного *вещества (1)* 50%-ной серной кислоты наблюдалось выделение бесцветного ядовитого газа.

2 ход (ПК): Для получения *вещества (2)*, представляющего собой темно-зеленые, почти черные, кристаллы, к раствору первого представителя дикарбоновых кислот и её калиевой соли добавляют ярко-оранжевые кристаллы, окрашивающие пламя в фиолетовый цвет и содержащие в составе элемент четвертого периода.

3 ход (ЗЗ): При пропускании в изумрудно-зеленый раствор, дающий белый творожистый осадок при добавлении нитрата серебра, газа с резким запахом образуется желтый раствор *вещества (3)* с поэтичным названием «лютео».

4 ход (ПК): При добавлении к зеленому раствору, дающему белый кристаллический осадок при внесении нитрата бария, каустической соды образуется темно-зеленый раствор *вещества (4)*.

5 ход (ЗЗ): При добавлении к раствору яблочно-зеленого цвета, дающего белый осадок с холодным раствором нитрата свинца, нашатырного спирта образуется сине-лиловый раствор. Если к полученному сине-лиловому раствору добавить раствор KI – наблюдается выпадение красивых сиреневых кристаллов *вещества (5)*.

6 ход (ПК): Для получения оранжево-красных кристаллов *вещества (6)*, нашедшего широкое применение в органическом катализе, используют соль одноосновной карбоновой кислоты. Эту кислоту легко найти в каждом доме. Соль одноосновной карбоновой кислоты вводят во взаимодействие с водяным газом при повышенном давлении и температуре.

7 ход (ЗЗ): При действии на желтые кристаллы *вещества (7)* концентрированной соляной кислоты в эфире выделяется белый осадок комплексной кислоты.

8 ход (ПК): *Вещество 8* результат качественной реакции на ионы железа (II). Признак реакции – выпадение синего осадка.

9 ход (ЗЗ): При добавлении к раствору вещества с известным голубым пятиводным кристаллогидратом раствора газа с резким запахом происходит образование васильково-синего раствора.

Задания:

1. Следуя за текстовой трансляцией встречи, восстановите последовательность ходов, сделанных Знайкой Зазнайкиной и Павлом К. Впишите последовательность ходов в матрицу 3 × 3 клетки, указывая номер хода и значок (крестик или нолик), например 1 – X. На каком ходу решилась судьба партии?

2. Запишите уравнения *всех* химических реакций, упомянутых в тексте задачи.

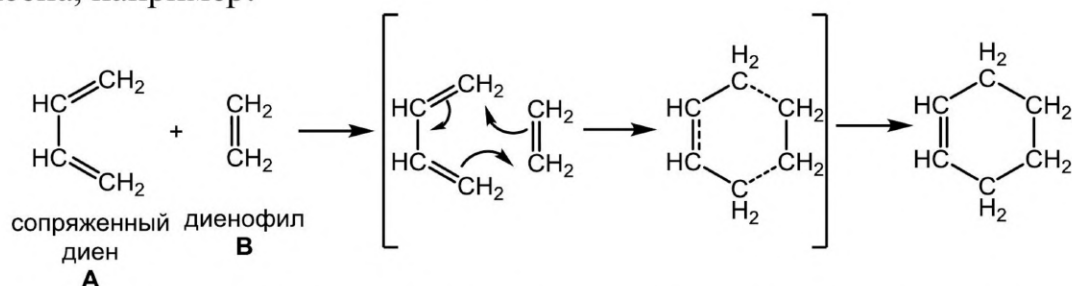
Задача 11-3. «4+2».

За открытие и развитие диенового синтеза

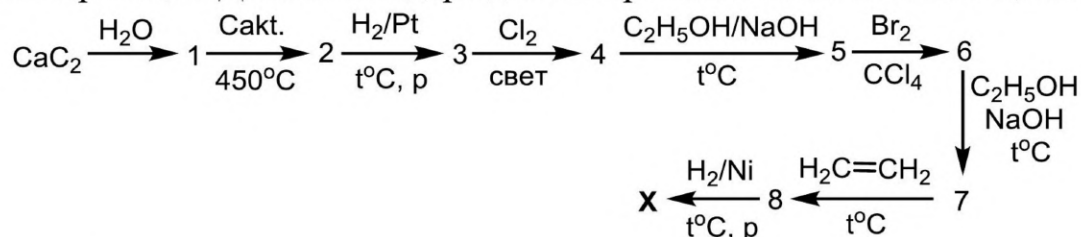
Нобелевская премия по химии О. Дильса и К. Альдера, 1950 год

В 1928 году научной общественности была представлена работа немецких ученых Отто Дильса и Курта Альдера по изучению реакции диенового синтеза, в которой авторы с уверенностью указали на возможность её использования в синтезе природных соединений.

Реакция Дильса — Альдера представляет собой согласованное циклоприсоединение между сопряженным диеном и ненасыщенным соединением (диенофилом). В простейшем виде эта реакция представляет собой 1,4-присоединение веществ с двойной связью с образованием производного циклогексена, например:



Сейчас эта реакция широко используется для синтеза веществ, содержащих шестичленный цикл, или его производные, самого разного строения. Ниже представлена схема синтеза бициклического углеводорода **X** с использованием реакции Дильса-Альдера для построения шестичленного цикла:



Задания:

1. Приведите тривиальные названия веществ **A** (сопряженный диен) и **B** (диенофил).

2. Вещества **A** и **B** могут быть получены в одну стадию из вещества **C**. При сжигании 2,3 г вещества **C** образуется 4,4 г углекислого газа и 2,7 г воды. Установите формулу вещества **C**, напишите уравнения реакций получения веществ **A** и **B**, укажите условия проведения реакций.

3. Осуществите цепочку превращений. Приведите структурные формулы соединений 1-**X**. Ответ представьте в формате «цифра-структура».

4. Что означает название задачи «4+2»?

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. «Скляночки и баночки».

Рекомендации к решению и оценке:

№ опыта	Реагирующие вещества		Уравнение реакции
	Первое вещество	Второе вещество	
Опыт 1	Zn	H ₂ SO ₄	Zn + H ₂ SO ₄ → ZnSO ₄ + H ₂
Опыт 2	CuSO ₄	NaOH	CuSO ₄ + 2NaOH → Na ₂ SO ₄ + Cu(OH) ₂ ↓
Опыт 3	H ₂ SO ₄	K ₂ CrO ₄	2K ₂ CrO _{4(жёл)} + H ₂ SO ₄ → K ₂ Cr ₂ O _{7(оранж)} + K ₂ SO ₄ + H ₂ O
Опыт 4	NaOH	H ₂ SO ₄	2NaOH + H ₂ SO ₄ → Na ₂ SO ₄ + 2H ₂ O + Q

Расчет:

$$D = \frac{M(\text{газа})}{M(\text{воздуха})}, \text{ отсюда } M(\text{газа}) = D \cdot M(\text{воздуха})$$

$$M(\text{газа}) = 0,069 \cdot 29 \text{ г/моль} = 2 \text{ г/моль}$$

За установление формулы и названий веществ

– 10 баллов

За составление уравнений реакций

– 8 баллов

За расчёт

– 2 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 8-2. «Крестики-нолики».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Последовательность ходов игры можно представить следующим образом:

7 – X	9 – X	4 – O
8 – O	1 – X	2 – O
3 – X	6 – O	5 – X

Таким образом, Знаяка Зазнаякина проиграла партию, допустив ошибку на 6 ходе, а 7-м ходом выиграл Василёк.

2. *1 ход* – мерный цилиндр,

2 ход – тигельные щипцы,

3 ход – аппарат Киппа,

4 ход – ступка с пестиком,

5 ход – чашка Петри,

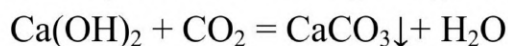
6 ход – пробирка,

7 ход – колба Бунзена,

8 ход – делительная воронка.

3. На клетке, которая не участвовала в игре, изображена – мензурка

Назначение – измерение объёмов жидкостей



Вещество А – CaCO_3 карбонат кальция, Б – HCl соляная кислота, В – $\text{Pb(NO}_3)_2$ нитрат свинца (II), Г – $\text{PbI}_2\downarrow$ иодид свинца.

5. Расчёт. По уравнению реакции $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ вещества реагируют в количественных отношениях 1:1. Рассчитаем количество гидроксида кальция, вступившего в реакцию:

$$v = \frac{m}{M} = \frac{0,1}{74} = 0,001 \text{ моль}$$

Отсюда, объем прореагировавшего газа равен $0,001 \cdot 22,4 = 0,0224$ (л)

За определение результата игры

– 1 балл

За название посуды и оборудования

– 9 баллов

За составление уравнений реакций

– 6 баллов

За определение веществ А, Б, В и Г, по 0,5 балла, всего

– 2 балла

За расчёт объема газа

– 2 балла

Максимальное число баллов за задачу

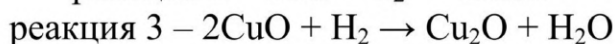
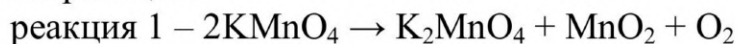
– 20 баллов

Задача 8-3. «Оксиды».

Рекомендации к решению и оценке:

1. вещества А – KMnO_4 , перманганат калия; вещество Б – Cu , медь; вещество В – O_2 , молекулярный кислород, диоксигород, газообразный кислород, вещество Г – CuO , оксид меди (II), вещество Д – H_2O , вода, оксид водорода, вещество Е – Cu_2O , оксид меди (I).

2. Уравнения реакций:



3. Расчет. Для определения объема, вступившего в реакцию водорода, установим количественные соотношения реагирующих веществ в данных реакциях: 2 моль $\text{KMnO}_4 \rightarrow 1$ моль $\text{O}_2 \rightarrow 2$ моль $\text{CuO} \rightarrow 1$ моль H_2 .

Рассчитаем количество KMnO_4 : $v = m:M = 5:158=0,032$ моль.

Рассчитаем объем H_2 : $V = v \cdot V_M = 0,32/2 \cdot 22,4 = 0,35$ л.

За названия и формулы веществ, за каждое по 1,5 балла, всего

– 9 баллов

За уравнение реакции 1

– 3 балла

За уравнения реакций 2

– 1 балл

За уравнения реакций 3

– 2 балла

За расчет

– 5 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 8 класса – 60 баллов

ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

Задача 9-1. «Космическая одиссея».

Рекомендации к решению и оценке:

Один из возможных вариантов решения!

1. Определяем зашифрованные элементы в веществе AB_2

Молярный объем связан с плотностью $m = \rho V$, для 1 моль вещества $M = \rho V_m$, тогда, $M(AB_2) = 2158 \text{ кг/м}^3 \cdot 3,29 \cdot 10^{-5} \text{ моль/м}^3 = 0,07099 \text{ кг/моль}$ или 71 г/моль , следовательно $M_r(AB_2) = 71$

Зная массовую долю элемента А, найдем его относительную атомную массу $A_r(A) = \omega(A) \cdot M_r(AB_2) / n(A)$

$A_r(A) = 0,5493 \cdot 71 / 1 = 39,00$ следовательно элемент А – это К (калий)

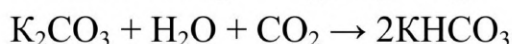
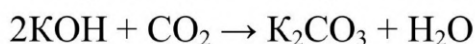
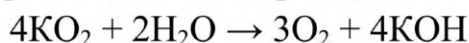
$A_r(B) = M_r(AB_2) - A_r(K)$

$A_r(B) = 71 - 39 = 32$, а так как в состав вещества AB_2 , входит 2 атома элемента Б, следовательно $A_r(B) = 32/2=16$, следовательно элемент Б – это О (кислород), значит вещества AB_2 – это надпероксид калия KO_2

2. Уравнения реакций:

Зашифрованные элементы:

А – калий (К), Б – кислород (О), В – водород (Н), Г – углерод (С).



За установление зашифрованного элемента А подтвержденное расчетами

5 баллов

(За установление зашифрованного элемента А без расчета **1 балл**)

За установление зашифрованных элементов Б, В, Г, по 3 балла, всего

9 баллов

За составление уравнений реакций по 2 балла, всего

6 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 9-2. «Крестики-нолики».

Рекомендации к решению и оценке:

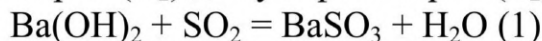
1. Последовательность ходов игры можно представить следующим образом:

1 – X	9 – X	4 – O
6 – O	2 – O	8 – O
5 – X	7 – X	3 – X

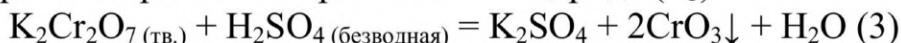
Таким образом, Вова Б. проиграл партию, допустив ошибку на 6 ходе, а 7-м ходом Знайка Зазнайкина выиграла.

2. Уравнения реакций будем записывать в порядке сделанных ходов.

1 ход (ЗЗ): Если в раствор гидроксида бария пропустить сернистый газ (R_1), то выпадает осадок сульфита бария (P_1), который можно окислить раствором перманганата натрия (R_2) до сульфата бария (P_2):

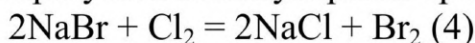


2 ход (ВБ): При добавлении к безводному дихромату калия (R_3) оранжевого цвета *купоросного масла – безводной серной кислоты (2)* образуются темно-красные кристаллы хромового ангидрида (P_3):



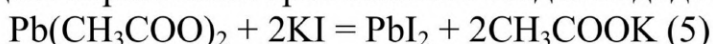
Оксид хрома (VI) отвечающего хромовой H_2CrO_4 и дихромовой кислотам $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Растворы хроматов имеют желтый цвет, а растворы дихроматов – оранжевый. Соединения хрома (VI) – вещества 1 класса опасности, они токсичны и канцерогенны, а концентрированная серная кислота, известная своими водоотнимающими свойствами, вызывает сильнейшие ожоги!

3 ход (ЗЗ): При пропускании в бесцветный раствор бромида натрия газообразного хлора (R_4) образуется молекулярный бром (P_4)



Название хлора происходит от греческого слова «хлорос» – желто-зеленый, а название брома – от греческого «бромос» – зловонный, дурно пахнущий. Раствор брома в бензоле имеет

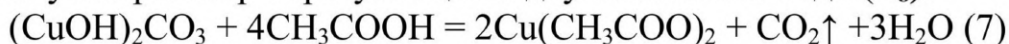
4 ход (ВБ): Исходным веществом (4) является свинцовый сахар – ацетат свинца (II) $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ – сладкое на вкус, но чрезвычайно ядовитое, белое кристаллическое твердое вещество. К нему прибавить раствор иодида калия (R_5), который позволяет предупредить развитие йододефицитных заболеваний, то можно наблюдать образование ярко-желтого осадка иодида свинца (P_5):



5 ход (ЗЗ): При высыпании в горячую воду смеси *питьевой соды* с медным купоросом (R_6) происходит выделение углекислого газа (P_6) и выпадение осадка малахита (P_7):



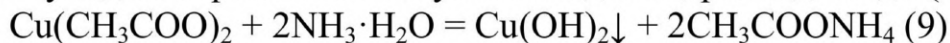
6 ход (ФК): Чтобы из основного карбоната меди (II) получить новую порцию углекислого газа, необходимо добавить к малахиту раствор уксусной кислоты. Голубой раствор образует ацетат двухвалентной меди (P_8):



7 ход (ЗЗ): При добавлении к раствору аммиака (нашатырный спирт) голубого раствора ацетата меди (II) наблюдаем образование ярко-синего раствора комплексной соли (P_9):



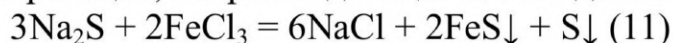
Если же добавлять раствор аммиака к раствору ацетата меди (II), то сначала мы увидим образование голубого осадка гидроксида меди (II) (P_{10}):



8 ход (ФК): При взаимодействии розового раствора хлорида кобальта (II) с ортофосфатом натрия образуется фиолетовый осадок фосфата кобальта (II) (P_{11}):



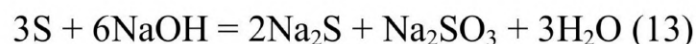
9 ход (33): При добавлении к раствору сульфида натрия раствора хлорида железа (III) желто-бурого цвета (**R₇**) происходит окислительно-восстановительная реакция, сопровождающаяся выпадением двух осадков[^]



Сульфид железа (II) (**P₁₂**) имеет черную окраску и может растворяться в кислотах, например, в соляной кислоте:



Сера (**P₁₃**) имеет желтую окраску диспропорционирует в растворе едкого натра:



За матрицу восстановленных ходов

– 2 балла

За уравнения реакции (1), (3)–(5), (7), (9), (10), (12) по 1 балла за каждое, всего

– 8 баллов

За уравнения реакции (2), (6), (8), (11), (13) по 2 балла за каждое, всего

– 10 баллов

Максимальное число баллов за задачу

– 20 баллов

Задача 9-3. «E518».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Т.к. в условии сказано, что после добавления к раствору вещества X щелочи выпал осадок, который после прокаливания дает вещество, содержащее кислород, можно предположить, что сначала выпал осадок гидроксида металла, который затем разложился с образованием оксида.

Установим формулу оксида, для этого воспользуемся методом направленного перебора с использованием массовой доли кислорода:

Формула оксида	X ₂ O	XO	X ₂ O ₃	XO ₂
Молекулярная масса оксида	M(X ₂ O) = M(O)/w(O) = 16/0,4 = 40 г/моль	M(XO) = 16/0,4 = 40 г/моль	M(XO) = (16*3)/0,4 = 120 г/моль	M(XO ₂) = (16*2)/0,4 = 80 г/моль
Молекулярная масса металла	M(Me) = 0,5*(M(X ₂ O)- M(O)) = 0,5*(40-16) = 8 г/моль Такого металла нет	M(Me) = M(XO)- M(O) = 40-16 = 24 г/моль Металл Mg	M(Me) = 0,5*(M(X ₂ O ₃)- M(O)) = 0,5*(120-48) = 36 г/моль Такого металла нет	M(Me) = M(XO ₂)-M(O) = 80- 32 = 48 г/моль Металл Ti, однако титан не подходит под условие: нет вещества состава Ti(OH) ₄ , из которого по условию получился оксид
Оксид	-	MgO	-	TiO ₂

Таким образом, вещество X – это соль магния. Дальнейший перебор не дает адекватных результатов.

Во втором опыте описана качественная реакция на сульфат-ионы – после добавления растворимой соли бария образуется белый кристаллический осадок. Проверка массовой доли позволяет убедиться, что речь идет о BaSO₄:

$$w(\text{Ba}) = M(\text{Ba}) / M(\text{BaSO}_4) = 137 / (137 + 96) = 58,80\%$$

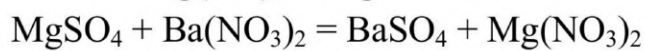
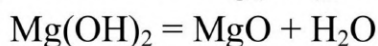
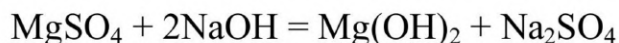
По результатам двух опытов получаем формулу MgSO₄.

В опыте 3 потеря массы может быть из-за удаления воды или разложения с выделением газа, например, CO₂. Т.к. в составе вещества нет карбонат-ионов, остается потеря кристаллизационной воды. Установим состав кристаллогидрата:

$$\begin{aligned} w(\text{MgSO}_4) / M(\text{MgSO}_4) : w(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) \\ 0,4878 / 120 : 0,5122 / 18 \\ 0,004 : 0,028 \quad | : 0,004 \\ 1 : 7 \end{aligned}$$

Таким образом, вещество X – MgSO₄•7H₂O.

2. Уравнения реакций (для реакций в растворе кристаллизационная вода опущена):



3. Вычислим массу безводной соли, необходимую для приготовления раствора:

$$m(\text{раствора}) = V(\text{раствора}) * \rho(\text{раствора}) = 300 * 1,3421 = 402,63 \text{ кг}$$

$$m(\text{MgSO}_4) = m(\text{раствора}) * w(\text{MgSO}_4) = 402,63 * 0,3 = 120,789 \text{ кг}$$

Теперь пересчитаем на кристаллогидрат, исходя из того, что количества вещества безводной соли и кристаллогидрата равны, отличаются лишь молекулярные массы солей:

$$n(\text{MgSO}_4) = m(\text{MgSO}_4) / M(\text{MgSO}_4) = 120,789 / 120 = 1,0066 \text{ моль}$$

$$m(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = n(\text{MgSO}_4) * M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 1,0066 * 246 = 247,6236 \text{ г}$$

4. Тривиальные названия: английская соль, горькая соль, горькозём, магнезия, эпсомская соль.

5. Сульфат магния используется в качестве пищевой добавки. В названии задачи код пищевой добавки по системе Евросоюза.

<i>1. Обнаружен магний в составе соли</i>	<i>– 4 балла</i>
<i>Обнаружен сульфат-ион в составе соли</i>	<i>– 1 балл</i>
<i>Установлен состав кристаллогидрата любым способом</i>	<i>– 4 балла</i>
<i>2. Написаны уравнения реакций</i>	<i>– 3 балла</i>
<i>3. Найдена масса раствора</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>Найдена масса безводной соли</i>	<i>– 1 балл</i>
<i>Найдено количество вещества безводной соли</i>	<i>– 1,5 балла</i>

Сделан пересчет на кристаллогидрат	– 1,5 балла
4. Приведено тривиальное название (любое)	– 1 балл
5. Дано указание на код пищевой добавки	– 1 балл
Максимальное число баллов за задачу	– 20 баллов

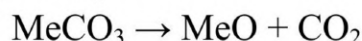
Максимальное число баллов за задачи 9 класса – 60 баллов

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1. «Космическая одиссея».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Определение формулы карбоната



а) Найдем количество углекислого газа по формуле $n = V/V_m$

$$n(\text{CO}_2) = 1,108_{\text{л}} / 22,4_{\text{л/моль}} = 0,0495_{\text{моль}}$$

б) Находим количество карбоната

$$n(\text{CO}_2) : n(\text{MeCO}_3) = 1:1, \text{ следовательно } n(\text{MeCO}_3) = 0,0495_{\text{моль}}$$

в) Находим молярную массу карбоната по формуле $M = m/n$

$$M(\text{MeCO}_3) = 4,955_{\text{г}} / 0,0495_{\text{моль}} = 100_{\text{г/моль}}$$

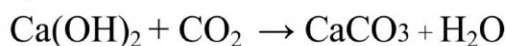
$$A_r(M) = 100 - (12 + 3 \cdot 16) = 100 - 60 = 40.$$

$$A_r(\text{Ca}) = 40, \text{ Me} - \text{Ca (кальций)}.$$

карбонат кальция CaCO_3

2. Формула веществ А – O_2 , В – CO_2 , С – Ca(OH)_2 , D – CaCO_3

3. Уравнения реакций



4. Находим массу вещества E – CO (угарный газ).

Исходя из того, что при сгорании 1 моль CO выделяется 282,5 кДж тепла, а по уравнению в реакцию вступает 2 моль вещества составим ТХУ:



$$n(\text{CO}) = \frac{2_{\text{моль}} \cdot 180,8_{\text{кДж}}}{565_{\text{кДж}}} = 0,64_{\text{моль}}$$

$$m(\text{CO}) = 0,64_{\text{моль}} \cdot 28_{\text{г/моль}} = 17,92_{\text{г}}$$

За установление формул веществ А, В, С, D и E, по 2 балла, всего

– 10 баллов

За составление уравнений реакций в п. 3, по 1,5 балла, всего

– 3 балла

За составление термохимического уравнения

– 3 балла

За расчет массы CO

– 4 балла

Максимальное число баллов

– 20 баллов

Задача 10-2. «Крестики-нолики».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Последовательность ходов игры можно представить следующим образом:

7 – X	4 – O	3 – X
8 – O	2 – O	9 – X
1 – X	5 – X	6 – O

Встреча завершилась вничью.

2. Определять формулы реагентов и продуктов, записывать уравнения химических реакций будем, ориентируясь на последовательность ходов в игре.

1 ход: Электролиз водных растворов солей карбоновых кислот – получение алканов методом Кольбе.

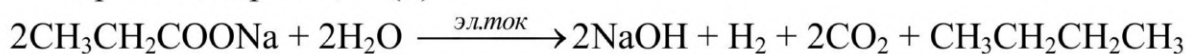
Если известно, что соль одноосновной кислоты, то она содержит один атом натрия – RCOONa. Определим молярную массу соли:

$$\omega(\text{Na}) = \frac{N(\text{Na}) \cdot A_r(\text{Na})}{M_r(\text{RCOONa})}, \text{ откуда } M_r(\text{RCOONa}) = \frac{N(\text{Na}) \cdot A_r(\text{Na})}{\omega(\text{Na})}$$

$$M_r(\text{RCOONa}) = \frac{1 \cdot 23}{0,2396} = 96, \text{ значит, } M_r(\text{R}) = 96 - M_r(\text{COONa}) = 29.$$

Очевидно, что этим радикалом может быть только этил –C₂H₅. Значит, соль – пропионат натрия.

Уравнение реакции (1):



Следовательно, углеводород **P₁** – бутан нормального (неразветвленно-го) строения. Можно воспользоваться массовой долей углерода в нем для проверки нашего решения:

$$\omega(\text{C}) = \frac{N(\text{C}) \cdot A_r(\text{C})}{M_r(\text{C}_4\text{H}_{10})}, \text{ откуда } \omega(\text{C}) = \frac{4 \cdot 12}{58} = 0,8276 \text{ (или } 82,76\%)$$

Даже если Вы совсем не знакомы с синтезом Кольбе, в Ваших силах установить формулу углеводорода **P₁** по массовым долям элементов в нем, сумма которых составляет 100%. Значит, массовая доля водорода в **P₁** составляет $\omega(\text{H}) = 100\% - 82,76\% = 17,24\%$.

Если нет возможности рассчитать относительную молекулярную массу, то необходимо вычислять **отношение индексов** элементов:

$$N(\text{A}) : N(\text{B}) = \frac{\omega(\text{A}) \cdot M_r(\text{B})}{A_r(\text{A})} : \frac{\omega(\text{B}) \cdot M_r(\text{A})}{A_r(\text{B})}$$

Если разделить обе дроби на $M_r(\text{в-ва})$, то отношение не изменится:

$$N(A) : N(B) = \frac{\omega(A)}{A_r(A)} : \frac{\omega(B)}{A_r(B)}$$

Здесь массовую долю элемента можно брать как в процентах, так и в долях от единицы. Отношение останется прежним.

$$N(C) : N(H) = \frac{82,76}{12} : \frac{17,24}{1} = 6,90 : 17,24 = 1 : 2,5 = 2 : 5.$$

Простейшая формула C_2H_5 не отвечает валентности углерода, поэтому необходимо домножить на 2. И получится C_4H_{10} .

Аналогичным способом мы воспользуемся в тех случаях, когда будет известна лишь массовая доля элементов в веществе.

2 ход (ФК): Дегидратация – отщепление молекулы воды, **дегидрирование** – отщепление водорода. Эти два процесса приводят к получению углеводорода P_2 :

$$N(C) : N(H) = \frac{88,89}{12} : \frac{11,11}{1} = 7,40 : 11,11 = 1 : 1,5 = 2 : 3.$$

Простейшая формула C_2H_3 не отвечает валентности углерода, поэтому необходимо домножить на 2. И получится C_4H_6 . Данное вещество может относиться к алкинам или алкадиенам. Исходя из предложенных именных реакций, определяем, что речь идет о синтезе бутадиена-1,3 из этилового спирта (синтез Лебедева).

Уравнение реакции (2):



Для проверки решения вычислим массовую долю кислорода в этаноле:

$$\omega(O) = \frac{N(O) \cdot A_r(O)}{M_r(C_2H_6O)}, \text{ откуда } \omega(O) = \frac{1 \cdot 16}{46} = 0,3478 \text{ (или 34,78\%)}$$

3 ход (33): Углеводород P_1 – бутан. Селитрами называют соли азотной кислоты, значит, селитряный спирт – азотная кислота (по аналогии с купоросами (кристаллогидратами сульфатов) и купоросным маслом (серная кислота)). Следовательно, речь идет о реакции нитрования алканов – реакция Коновалова.

В результате получается нитроалкан, в котором есть три соседа по периоду в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева: углерод (№6), азот (№7) и кислород (№8). Именно их массовые доли и именно в таком порядке приведены в условии задачи. Сумма массовых долей не совпадает со 100%, следовательно, в веществе есть и еще один элемент – водород, а его массовая доля $\omega(H) = 100\% - (46,60\% + 13,59\% + 31,07\%) = 8,74\%$.

О, сколько путей можно выбрать для вывода формулы продукта P_3 ! Можно воспользоваться уже знакомым нам через соотношение индексов элементов в веществе. Можно сделать по-другому.

В реакцию Коновалова вступает бутан, следовательно, число атомов углерода в нитроалкане не изменится и будет равно 4. Вычислим относи-

тельную молекулярную массу вещества и затем – индексы элементов по формуле.

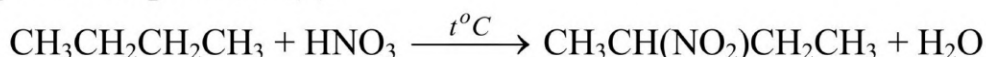
$$\omega(C) = \frac{N(C) \cdot A_r(C)}{M_r(P_3)}, \text{ откуда } M_r(P_3) = \frac{N(C) \cdot A_r(C)}{\omega(C)}$$

$$M_r(P_3) = \frac{4 \cdot 12}{0,4660} = 103, \text{ тогда}$$

$$N(N) = \frac{\omega(N) \cdot M_r(P_3)}{A_r(N)} = \frac{0,1359 \cdot 103}{14} = 1, \text{ а } N(O) = \frac{\omega(O) \cdot M_r(P_3)}{A_r(O)} = \frac{0,3107 \cdot 103}{16} = 2.$$

Следовательно, продукт P_3 – мононитробутан, и мы можем писать уравнение реакции нитрования бутана, помня о селективности радикального замещения.

Уравнение реакции (3):



4 ход: (ФК): Смесь двух неорганических газов G_{1+2} является *синтез-газ*, т.е. смесь угарного газа и водорода, применяемая в получении алканов методом Фишера-Тропша. И снова два пути решения: или считать соотношение газов через среднюю молярную массу смеси, или определять алкан по массовой доле углерода в нем. Надеемся, что второй путь Вы уже освоили, поэтому поясним первый.

\bar{M} (смеси) = $M(\text{CO}) \cdot \chi(\text{CO}) + M(\text{H}_2) \cdot \chi(\text{H}_2)$, где χ – мольная доля газа в смеси

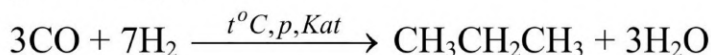
$$\bar{M} (\text{смеси}) = M(\text{CO}) \cdot \chi(\text{CO}) + M(\text{H}_2) \cdot (1 - \chi(\text{CO}))$$

$$9,8 = 28 \cdot \chi(\text{CO}) + 2 \cdot (1 - \chi(\text{CO}))$$

$$7,8 = 26 \cdot \chi(\text{CO})$$

$$\chi(\text{CO}) = 0,3, \text{ а } \chi(\text{H}_2) = 0,7, \text{ следовательно } n(\text{CO}) : n(\text{H}_2) = 3 : 7$$

Уравнение реакции (4):

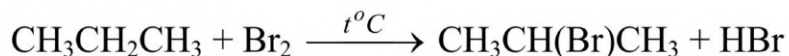


В искомом углеводороде P_4 – пропане C_3H_8 – массовая доля углерода отвечает условию задачи:

$$\omega(C) = \frac{N(C) \cdot A_r(C)}{M_r(\text{C}_3\text{H}_8)} = \frac{3 \cdot 12}{44} = 0,8182 \text{ (или } 81,82\%).$$

5 ход (33): Чтобы обсуждать именную реакцию пятого хода Знайки Зазнайкиной, надо сначала получить реагент R_3 монобromирование углеводорода P_4 , т.е. бутана. Реакция bromирования селективна!

Уравнение реакции (5):



Если необходимо получить предельный углеводород из 2-бромпропана нагреванием с щелочным металлом, то речь идет о реакции Вюрца, а металл M_1 – натрий. При этом происходит удвоение углеродной цепи. Обратите внимание, так как в реакцию вступает вторичное галогенпроизводное, то и алкан получается разветвленного строения.

Уравнение реакции (6):



Углеводород **P**₅ – 2,3-диметилбутан, в нем массовая доля углерода соответствует условию задачи:

$$\omega(\text{C}) = \frac{N(\text{C}) \cdot A_r(\text{C})}{M_r(\text{C}_6\text{H}_{14})} = \frac{6 \cdot 12}{86} = 0,8372 \text{ (или } 83,72\%).$$

6 ход (ФК): Здесь по описанию продуктов реакции становится понятно, что речь идет о мягком окислении алкена в нейтральной среде перманганатом калия, т.е. о реакции Вагнера. В результате реакции алкен окисляется с образованием двухатомного спирта – гликоля, относительную молекулярную массу которого мы можем рассчитать по формуле:

$$\omega(\text{O}) = \frac{N(\text{O}) \cdot A_r(\text{O})}{M_r(\text{P}_6)}, \text{ откуда } M_r(\text{P}_6) = \frac{N(\text{O}) \cdot A_r(\text{O})}{\omega(\text{O})}; M_r(\text{P}_6) = \frac{2 \cdot 16}{0,4211} = 76$$

Формула гликоля в общем виде может быть выражена $\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{OH})_2$, а если его $M_r(\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{OH})_2) = 76$, то мы легко можем рассчитать число атомов углерода:

$$12n + 2n + 2 \cdot 17 = 76, \quad 14n = 76 - 34, \quad n = 3$$

Следовательно, **R**₄ – пропен, а **P**₆ – пропиленгликоль (пропандиол-1,2).

Уравнение реакции (7):



7 ход (ЗЗ): При пропускании над нагретым активированным углем углеводорода **R**₅ (относительная плотность по гелию 6,5) образуется жидкий углеводород **P**₇ (относительная плотность паров по гелию 19,5).

Уже оно то, что катализатором реакции является активированный уголь, становится понятно, что речь идет о тримеризации алкинов. Дело за малым – установить, какой алкин скрывается под обозначением **R**₅.

Для этого воспользуемся значением относительной плотности газа:

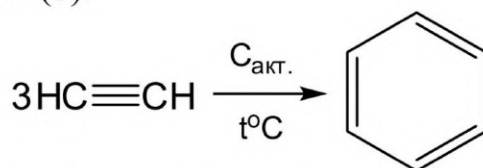
$$D_{\text{He}}(\text{R}_5) = \frac{\rho(\text{R}_5)}{\rho(\text{He})} = \frac{M(\text{R}_5)}{M(\text{He})}, \text{ откуда } M(\text{R}_5) = D_{\text{He}}(\text{R}_5) \cdot M(\text{He})$$

$$M(\text{R}_5) = 6,5 \cdot 4 = 26 \text{ (г/моль)}, \text{ значит, } \text{R}_5 \text{ – ацетилен } \text{HC}\equiv\text{CH}$$

$$\text{Аналогично } M(\text{P}_7) = D_{\text{He}}(\text{P}_7) \cdot M(\text{He})$$

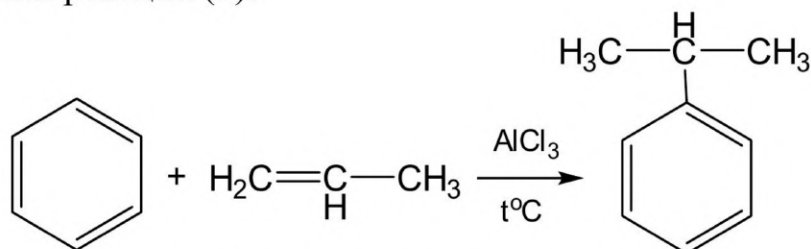
$$M(\text{P}_7) = 19,5 \cdot 4 = 78 \text{ (г/моль)}, \text{ значит, } \text{P}_7 \text{ – бензол } \text{C}_6\text{H}_6$$

Уравнение реакции (8):



8 ход (ФК): Мы уже знаем, что исходными углеводородами **R**₄ и **P**₇ являются соответственно пропен и бензол, которые вступают в присутствии хлорида алюминия в реакцию алкилирования по Фриделю-Крафтсу. В результате электрофильного замещения атома водорода в бензоле на изопропильный радикал образуется углеводород **P**₈, имеющий брутто-формулу C_9H_{12} и тривиальное название – **кумол**.

Уравнение реакции (9):



9 ход (33): При взаимодействии двух монобромпроизводных R_3 и R_6 (массовые доли брома в них 65,04% и 50,96%) со щелочным металлом M_1 образуется тот же углеводород P_8 .

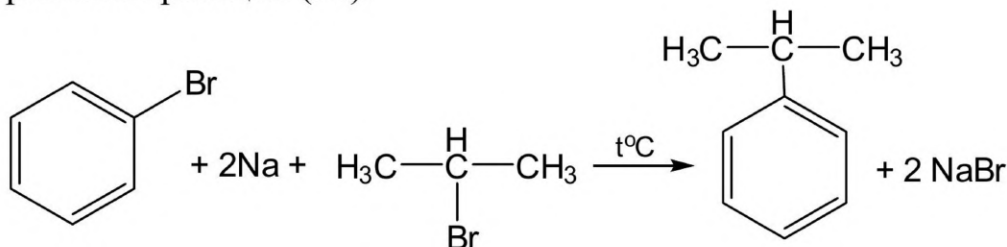
Мы уже вычислили, что R_3 – 2-бромпропан, а M_1 – натрий, следовательно, нам пора вспомнить о реакции Вюрца-Фиттига, которая позволяет получать из галогенопроизводных гомологи бензола. Нам даже известен продукт этой реакции – кумол. Следовательно, R_6 – бромбензол. На всякий случай проверим нашу догадку:

$$\omega(Br) = \frac{N(Br) \cdot A_r(Br)}{M_r(R_6)}, \text{ откуда } M_r(R_6) = \frac{N(Br) \cdot A_r(Br)}{\omega(Br)}; M_r(R_6) = \frac{1 \cdot 80}{0,5096} =$$

157

Полученное значение относительной молекулярной массы соответствует бромбензолу.

Уравнение реакции (10):



За матрицу восстановления ходов

– 1 балл

За уравнения реакций (1)–(10) – по 1 баллу, всего

– 10 баллов

За формулы веществ R_1 – R_6 , селитряного спирта, M_1 , G_{1+2} , P_1 – P_8 и тривиальное название P_8 – по 0,5 балла, всего

– 9 баллов

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 10-3. «Металл».

Рекомендации к решению:

1. Установите металл **А**.

2. Определите вещества **Б**, **В**, **Г**, **Д**, **Е**, **Ж**, **З**.

3. Напишите уравнения реакций, зашифрованные стрелками.

1. Исходя из приведенной схемы металл **А** обладает амфотерными свойствами. В качестве примера подходит Алюминий, следовательно, на схеме представлены превращения соединений алюминия.

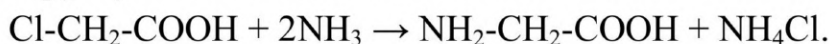
2. Вещество **Б** – Al_2O_3 – оксид алюминия, вещество **В** – $Al(OH)_3$ – гидроксид алюминия, вещество **Г** – $NaAlO_2$ – метаалюминат натрия, **Д** – $Na[Al(OH)_4]$ – тетрагидроксиалюминат натрия, вещество **Е** – $AlCl_3$ – хлорид алюминия, вещество **Ж** – $Al_2(SO_4)_3$ – сульфат алюминия, вещество **З** – $Al(NO_3)_3$ – нитрат алюминия.

2. Определим молярную массу вещества В

$$M(B) = \frac{0,69 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 300}{10^{-5} \cdot 10^{-3}} = 0,017(\text{кг/моль}) \text{ или } 17 \text{ г/моль},$$

следовательно газ В – NH₃

Вещество Г содержит атом хлора, пропишем уравнение получения глицина из хлоруксусной кислоты и аммиака.



За установление формул зашифрованных веществ А и Б 4 балла

За установление формулы зашифрованного вещества В 4 балла

За установление формулы зашифрованного вещества Г 2 балла

За составление структурных формул веществ А, Б и Г 6 баллов

За составление уравнений реакций, по 2 балла, всего 4 балла

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 11-2. «Крестики-нолики».

Рекомендации к решению и оценке:

1. Последовательность ходов игры можно представить следующим образом:

1 – X	9 – X	4 – O
6 – O	2 – O	8 – O
5 – X	7 – X	3 – X

Таким образом, Павел К. проиграл партию, допустив ошибку на 6 ходе, а 7-м ходом Знайка Зазнайкина выиграла.

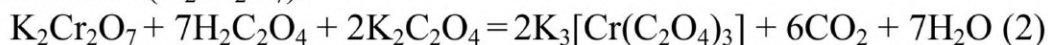
2. Уравнения реакций будем записывать в порядке сделанных ходов.

1 ход (ЗЗ): Красные кристаллы, дающие при растворении зеленоватый раствор – это красная кровяная соль K₃[Fe(CN)₆]. Действие серной кислоты позволяет выделить из красной кровяной соли циановодород – бесцветный ядовитый газ.



2 ход (ПК): Первый представитель дикарбоновых кислот – щавелевая кислота (HOOC-COOH), ее калиевая соль – оксалат калия (K₂C₂O₄).

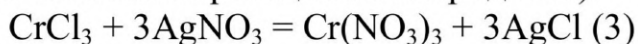
Ярко-оранжевые кристаллы, окрашивающие пламя в фиолетовый цвет – дихромат калия (K₂Cr₂O₇).



3 ход (ЗЗ): Исходный зеленый цвет раствора намекает на соединения двух элементов – никеля (II) или хрома (III). Газ с резким запахом – аммиак. На это указывают так же и формулы соединений – аммиачные комплексы.

Комплексное соединение никеля не подходит под условие, поскольку при чтении задачи появляется позже – манипуляция с добавлением KI явно отсылает к комплексному иодиду.

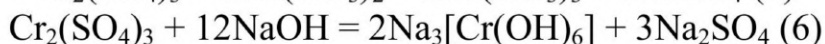
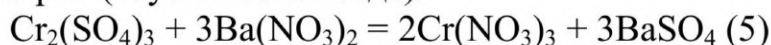
Таким образом, речь идет о соединении хрома (III). При добавлении раствора нитрата серебра наблюдается выпадение белого творожистого осадка – хлорид серебра (качественная реакция на хлорид-ион).



4 ход (ПК): Аналогичные рассуждения о веществах, имеющих зеленую окраску, позволяют сделать вывод о соединениях хрома (III).

Выпадение белого осадка при действии нитрата бария – качественная реакция на сульфат-ионы.

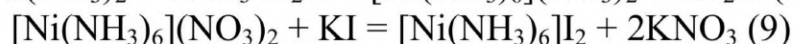
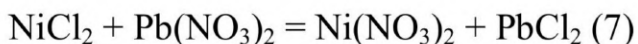
Таким образом, речь идет о сульфате хрома (III) и его взаимодействии с гидроксидом натрия (каустическая сода).



5 ход (ЗЗ): Так как соединения хрома (III), имеющие зеленую окраску, уже использованы, остается соединение никеля (II), растворы которого имеют яблочно-зеленую окраску.

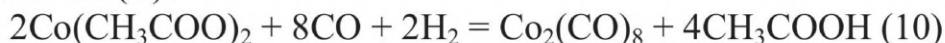
Выпадение белого осадка при действии холодного раствора нитрата свинца указывает на наличие хлорид-иона в составе соединения.

Нашатырный спирт представляет собой водный раствор аммиака - $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.



6 ход (ПК): Для идентификации вещества б вспомним условие. В условии речь идет об использовании «водяного газа» - смесь CO и H₂. Значит, в продуктах реакции должно быть указание на один из компонентов смеси. Такое соединение в матрице ходов только одно – $\text{Co}_2(\text{CO})_8$.

Для получения вещества б используют соль распространенной одноосновной карбоновой кислоты – уксусная кислота. Таким образом, используют ацетат кобальта (II).



7 ход (ЗЗ): К седьмому ходу остается не так много веществ. Два вещества из оставшихся трех имеют синюю окраску, о чем говорится в условии.

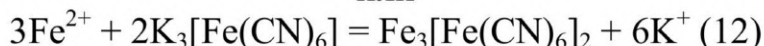
Желтые кристаллы – желтая кровяная соль $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. При действии эфирного раствора соляной кислоты образуется комплексная железистосиневодистая кислота.



8 ход (ПК): Выпадение синего осадка в результате качественной реакции на ионы железа (II) - $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$. Для написания реакции можно использовать любую растворимую соль железа (II) или привести реакцию в ионной форме:

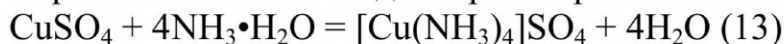


или



9 ход (33): Описание известного голубого пятиводного кристаллогидрата позволяет узнать медный купорос – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Раствор газа с резким запахом – водный раствора аммиака $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.



За матрицу восстановленных ходов – – 2 балла

За уравнения реакций (3)–(9), (13) – по 1 баллу, а за уравнения реакций (1), (2), (10), (11), (12) – по 2 балла, всего – 18 баллов

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Задача 11-3. «4+2».

Рекомендации к решению и оценке:

1. А – дивинил, В – этилен.

2. Установим формулу вещества С. Для этого найдем количества вещества углекислого газа и воды, а затем число атомов углерода и водорода в молекуле.

$$n(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2) = 4,4 / 44 = 0,1 \text{ моль} \Rightarrow N(\text{C}) = 0,1$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 2,7 / 18 = 0,15 \text{ моль} \Rightarrow$$

$$N(\text{H}) = n(\text{H}_2\text{O}) * 2 = 0,15 * 2 = 0,3$$

Важно сделать проверку на наличие кислорода в составе исходной молекулы, т.к. углекислый газ и вода образуются при сгорании веществ состава C_xH_y или $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$. Для этого найдем массу атомов в составе молекулы:

$$m(\text{C и H}) = N(\text{C}) * M(\text{C}) + N(\text{H}) * M(\text{H}) = 0,1 * 12 + 0,3 * 1 = 1,5 \text{ г}$$

Из расчета видно, что молекула содержит в своем составе атомы кислорода, т.к. суммарная масса атомов водорода и углерода недостаточна для массы сожженной навески. Найдем количество атомов кислорода:

$$m(\text{O}) = m(\text{навески}) - m(\text{C и H}) = 2,3 - 1,5 = 0,8 \text{ г}$$

$$n(\text{O}) = m(\text{O}) / M(\text{O}) = 0,8 / 16 = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow N(\text{O}) = 0,05$$

Установим формулу соединения:

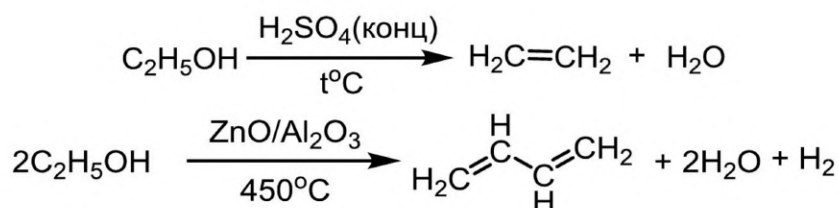
$$N(\text{C}) : N(\text{H}) : N(\text{O})$$

$$0,1 : 0,3 : 0,05 \quad | : 0,05$$

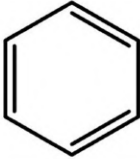

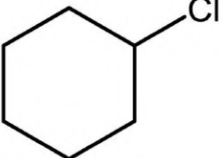
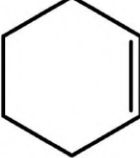
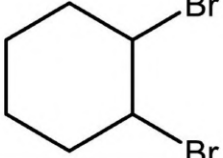
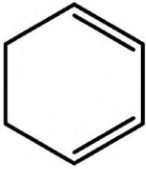

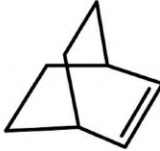
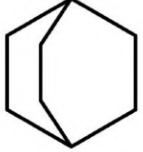
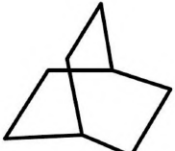
$$2 : 6 : 1$$



Такой формуле соответствует всего 2 изомера – этиловый спирт ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) и диметиловый эфир ($\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$). Именно из этилового спирта могут быть получены этилен и бутадиен-1,3.



3. Структурные формулы соединений:

1	2	3
$\text{HC}\equiv\text{CH}$		
4	5	6
		
7	8	X
	 или 	 или 

4. Название «4+2» означает число электронов, участвующих в реакции:
4 π-электрона сопряженного диена и 2 π-электрона диенофила.

1. Тривиальные названия веществ **A** и **B** по 0,5 балла, всего – 1 балл

2. Найдены количества вещества углекислого газа и воды по 0,5 балла,
всего – 1 балл

Сделана проверка и найдено количество вещества кислорода – 2 балла

Установлена конечная формула вещества **C** – 1 балл

Написаны уравнения реакций получения веществ **A** и **B** по 1,5 балла,

Всего – 3 балла

(Если не указаны условия и нет коэффициентов (или не верные) по 0,5 балла, всего – 1 балл)

3. Приведены структуры веществ **1** – **7** по 1 баллу, всего – 7 баллов

Приведены структуры веществ **X** и **8** по 2 балла, всего – 4 балла

4. Расшифровано название задачи – 1 балл

Максимальное число баллов за задачу – 20 баллов

Максимальное число баллов за задачи 11 класса – 60 баллов