

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ ПСПБГМУ ИМ.
И. П. ПАВЛОВА (2024/2025 УЧЕБНЫЙ ГОД)**

ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА

10 класс

Задача 1

Одним из распространённых методов синтеза углеродных нанотрубок (УНТ) является химическое осаждение из газовой фазы (ХОГФ). Он заключается в пропускании паров углеродсодержащих веществ, например, этанола, над разными катализаторами с помощью инертного газа-носителя. Среди катализаторов роста УНТ особую популярность набирают металлсодержащие катализаторы с высокой площадью поверхности.

Например, в недавнем исследовании использовали катализаторы на основе диоксида кремния, на поверхности которого были хемосорбированы ионы металлов из соответствующих аммиакатов методом ионного обмена при $\text{pH} = 9,0$. Для определения содержания металлов в катализаторе использовали атомно-абсорбционную спектроскопию с предварительной экстракцией металлов из катализатора в концентрированную азотную кислоту. Для этого брали навеску катализатора массой $0,2000$ г и добавляли 7 мл концентрированной азотной кислоты. Полученную систему поставили на водяную баню и нагревали при температуре 40 °С в течение 10 минут (частичным концентрированием пробы пренебречь). При этом окраска раствора изменялась в соответствии с катионом металла, обуславливающего его цвет. Затем полученные экстракты были разбавлены в 100 раз и отправлены на анализ. Градуировочная зависимость подчиняется уравнению в диапазоне $0,1\text{--}20$ мг/дм³:

$$I = 0.324 \cdot x + 0.002, \text{ где:}$$

I — интенсивность сигнала;

x — концентрация металла, мг/ дм³.

УНТ синтезировали следующим образом. Брали навеску катализатора массой $2,20$ грамма, помещали в кварцевую трубу. Пропускали в течении 30 минут газ-носитель – водород при температуре 600 °С. Затем пропускали газовую смесь из паров этанола и водорода при той же температуре (Рис. 1).

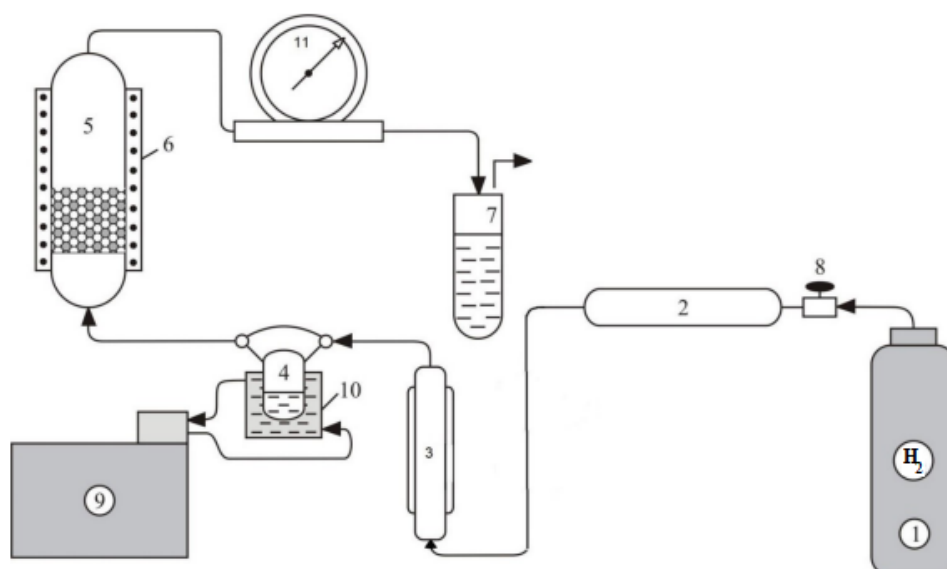


Рис. 1. Схема установки для синтеза УНТ. 1.Балон с водородом; 2. Цеолиты; 3. Реометр; 4. «Гусёк» с этанолом; 5. Реактор; 6. Нагревательный элемент; 7. Сосуд с водой; 8. Регулировочный кран; 9. Термостат; 10. Ячейка для термостатирования; 11. Счётчик газа.

После этого продукт синтеза растворяли в смеси кислот **X** и **Y** для удаления катализатора. Результаты количественного анализа и масса УНТ в результате синтеза приведены в Табл. 1. Фотография УНТ, полученная на просвечивающем электронном микроскопе представлена на Рис. 2.

Табл. 1. Синтез УНТ на металлсодержащих катализаторах методом ХОГФ и результаты количественного анализа.

Катализатор	Интенсивность сигнала в анализе	Масса УНТ, мг
SiO ₂ -Cu	2,623	18.8
SiO ₂ -Ni	1,528	4.2
SiO ₂ -Co	3,663	84.2
SiO ₂ -Zn	4,570	13.6
SiO ₂ -Ag	0,355	17.0

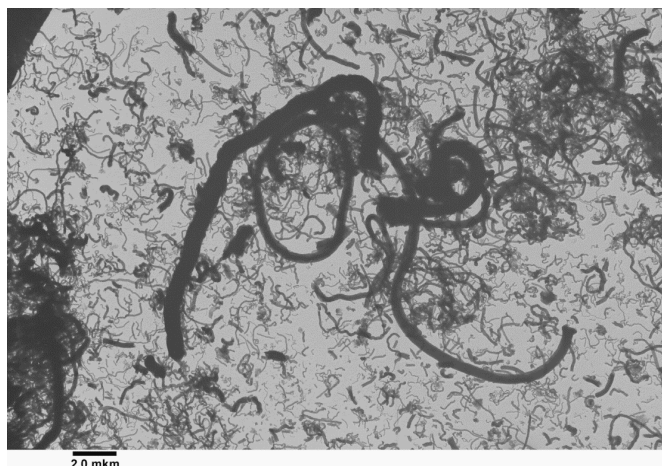


Рис. 2. ПЭМ-фотография УНТ.

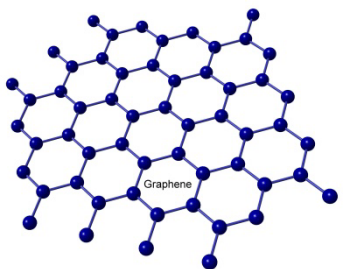
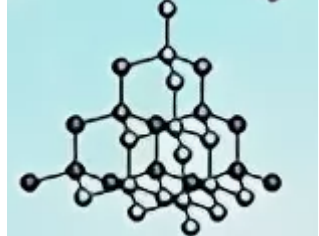

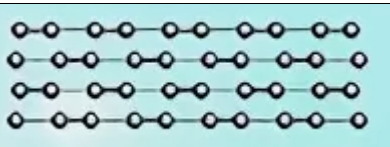
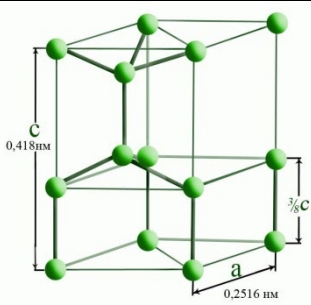
Задания:

1. Приведите как минимум 4 другие аллотропные модификации углерода помимо углеродных нанотрубок. Изобразите их простейшую кристаллическую решётку. Какие ещё элементы способны проявлять аллотропию?
2. Какие функциональные группы диоксида кремния взаимодействуют с аммиакатами металлов для производства металлосодержащих катализаторов, приведённых в условии задачи? Какая схема такой реакции?
3. Определите массовую долю каждого металла в исходном катализаторе (в процентах)? Какой металл лучше всего адсорбируется на SiO_2 ? Какой хуже всего? Подтвердите расчётом.
4. Зачем пропускали водород над катализатором в начале синтеза УНТ? Определите формулы неорганических кислот **X** и **Y**, при этом **X** содержит кислород и массовая доля одного из химических элементов 22,2 %, а **Y** не содержит кислород.
5. Определите выход УНТ (в процентах) как отношение массы УНТ к массе металла, содержащегося в катализаторе? Какой металл обеспечивает наибольший выход УНТ?

Решение:

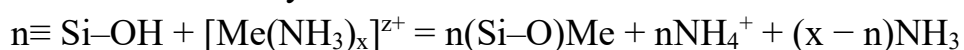
1. Среди других аллотропных модификаций углерода можно выделить: графит, графен, алмаз, фуллерен, карбин, лонсдейлит и другие.

Аллотропная модификация углерода	Кристаллическая решётка
Графит	

Графен	
Алмаз	
Фуллерен	
Карбин	
Лонсдейлит	

Аллотропию способны проявлять сера (моноклинная, ромбическая), фосфор (белый, красный, жёлтый и черный) и некоторые другие химические элементы.

2. На поверхности диоксида кремния присутствуют силанольные группы $\equiv\text{Si}-\text{OH}$, которые способны вступать в реакцию ионного обмена с аммиакатами металлов по следующей схеме:



3. Концентрация металла в растворе после разбавления:

Катализатор	Концентрация металла в растворе после разбавления, мг/дм ³
SiO ₂ -Cu	8,09
SiO ₂ -Ni	4,71

SiO ₂ -Co	11,3
SiO ₂ -Zn	14,1
SiO ₂ -Ag	1,09

Формула расчёта массовой доли металла в катализаторе:

$$w = \frac{CV_{\text{экс}}N \cdot 100\%}{1000m_{\text{кат}}}$$

C — концентрация металла в растворе после разбавления, мг/дм³;

$V_{\text{экс}}$ — объем азотной кислоты для экстрагирования, (0,007 дм³);

N — коэффициент разбавления (100);

$m_{\text{кат}}$ — масса навески катализатора (0,2 г);

1000 — перевод из мг в г.

Для определения металла, который лучше или хуже всего адсорбируется на SiO₂, нужно пересчитать значения в размерность моль/г. Тогда концентрация металла в катализаторе будет:

Катализатор	Концентрация металла в катализаторе, %	Концентрация металла в катализаторе, ммоль/г
SiO ₂ -Cu	2,83	0,44
SiO ₂ -Ni	1,65	0,28
SiO ₂ -Co	3,96	0,67
SiO ₂ -Zn	4,94	0,76
SiO ₂ -Ag	0,38	0,04

Лучше всего адсорбируется цинк, а хуже всего серебро. Вероятнее всего, этого связано с неустойчивостью связи Si-OAg.

4. Водород пропускали для восстановления металла в катализаторе до простого вещества. Для удаления диоксида кремния использовали плавиковую кислоту, а для удаления металла добавляли концентрированную азотную кислоту. Следовательно, X – HNO₃, Y – HF.

5. Выход УНТ рассчитывали по формуле:

$$\varphi = \frac{m(\text{УНТ})}{m(\text{Me})}$$

Наибольший выход УНТ обеспечивает катализатор на основе серебра.

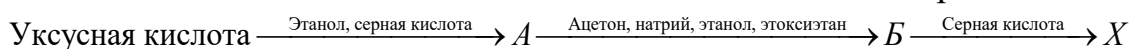
Катализатор	Масса металла в катализаторе, мг	Выход УНТ, %
SiO ₂ -Cu	62,26	30,2
SiO ₂ -Ni	36,3	11,6
SiO ₂ -Co	86,9	96,9
SiO ₂ -Zn	108,68	12,5
SiO ₂ -Ag	8,36	203,3

Разбалловка:

1. Решение п. 1 — 4 балла.
2. Решение п. 2 — 4 балла.
3. Решение п. 3 — 4 балла.
4. Решение п. 4 — 4 балла.
5. Решение п. 5 — 4 балла.

Задача 2

Соединение **X** — это органическое вещество, которое служит промежуточным продуктом в химической промышленности. Его используют при производстве лекарств, красителей, пищевых добавок и ароматизаторов, а также в качестве реагента в аналитической химии. Схема синтеза вещества **X** приведена ниже:



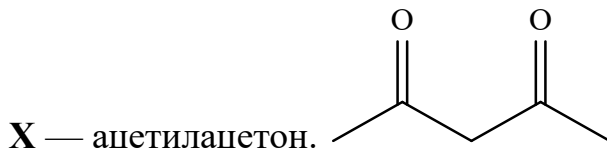
Известно, что массовая доля углерода и водорода в соединении **X** составляют 60 и 8 % соответственно.

Задания:

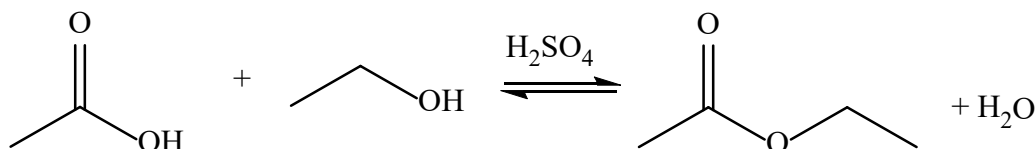
1. Приведите структурную формулу вещества **X**.
2. Приведите уравнения химических реакций
3. Вещество **X** является слабой одноосновной кислотой ($K_a = 10^{-9}$). Напишите уравнение диссоциации данной кислоты. Рассчитайте pH 0,1-молярного водного раствора **X**.
4. Известно, что вещество **X** образует очень прочные комплексы с переходными металлами. Напишите реакции **X** с сульфатом меди(II) и с нитратом хрома(III) в водной среде, если известно, что комплекс **X** с хромом может иметь два изомера, а с медью — один. Приведите структурные формулы двух изомеров комплекса **X** с хромом и укажите геометрию комплексов. Объясните высокую прочность комплексов **X** с переходными металлами.

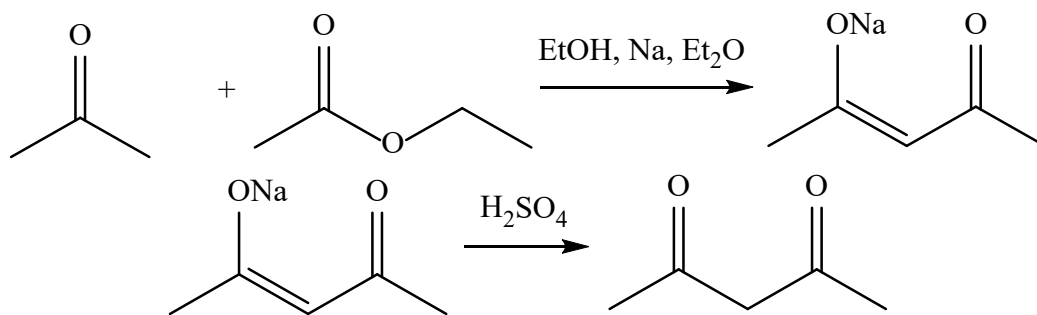
Решение:

1. Если суммарная массовая доля углерода и водорода в сумме 68 %, то массовая доля других элемента — 32 %. Исходя из метода синтеза, в составе может быть только кислород. Получаем брутто-формулу $C_5H_8O_2$.

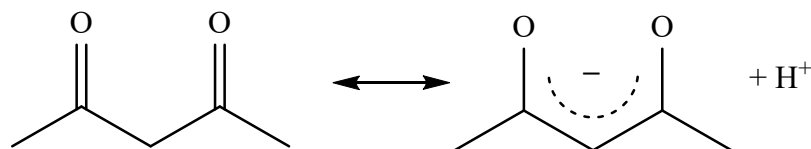


2.



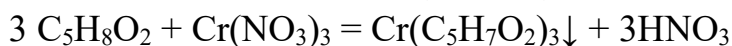
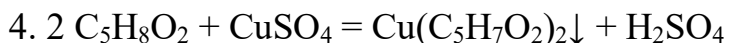


3.

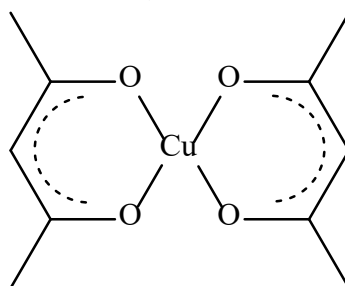


$$[H^+] = \sqrt{K_a C_0} = \sqrt{10^{-9} \cdot 0,1} = 10^{-5}$$

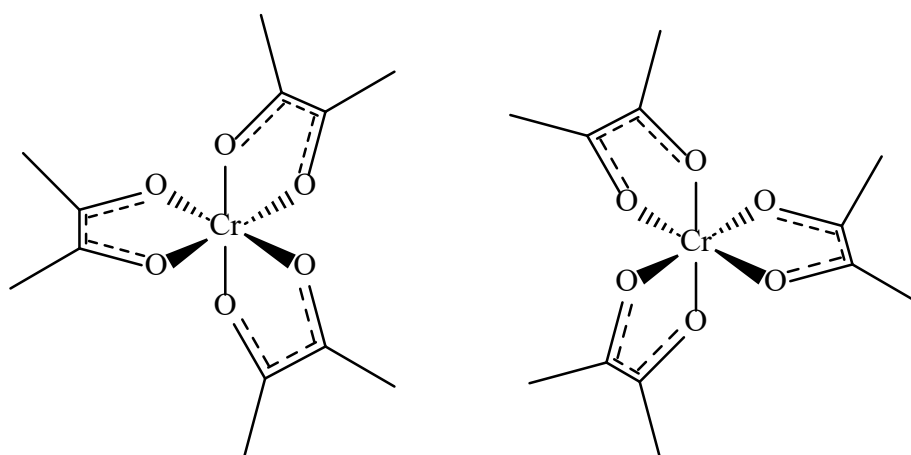
$$\text{pH} = -\lg[H^+] = 5$$



Структура ацетилацетоната меди(II) — плоский квадрат (также возможно тетраэдрическое строение комплекса).



Структура ацетилацетоната хрома(III) — октаэдр. Имеет два оптических изомера.



Высокую прочность комплексов X с переходными металлами объясняется тем, что образуются шестичленные хелатные комплексы.

Разбалловка:

1. Структурная формула X — 3 балла (1 балл, если указана только брутто формула).

2. Уравнения химических реакций — 1,5 балла (всего 3 балла).
3. Уравнения диссоциации ацетилацетона — 2 балла.
4. Расчёт pH водного раствора ацетилацетона — 2 балла.
5. Реакции ацетилацетона с солями меди(II) и хрома(III) — 1 балл (всего 2 балла) (если в комплексе в качестве указан ацетилацетон, а не ацетилацетонат-ион, то 0 баллов).
6. Структурная формула ацетилацетоната меди(II) — 2 балла.
7. Структурная формула ацетилацетоната хрома(III) — 2 балла (всего 4 балла) (1 балл, если лиганд присоединён правильно, но не указана структура либо указан плоский комплекс).
8. Объяснение высокой прочности ацетилацетонатных комплексов переходных металлов — 2 балла.

Задача 3

В 1960-х гг. в Японии произошла вспышка неизвестного заболевания, получившего название «итай-итай» (яп. «больно-больно»). Симптомы заболевания включали в себя почечную недостаточность и сильные боли в суставах и костях. Причиной заболевания, как вскоре выяснилось, оказалось отравление соединениями элемента **Q**.

Элемент **Q** был открыт в первой четверти XIX века. Этот элемент образует простое вещество-металл серебристо-белого цвета. Металлический **Q** растворяется в разбавленном растворе *купоросного масла* с образованием раствора соединения **W**; при этом выделяется лёгкий горючий газ **E**. При добавлении к раствору **W** раствора *едкого кали* выпадает белый осадок **R**. Если **R** прокалить, образуется белое вещество **T** и вода. При добавлении *муриевой кислоты* осадок **R** растворяется с образованием раствора вещества **Y**. **R** плохо растворяется в растворе *каустической соды*, но легко — в водном растворе аммиака; при этом образуется соединение **U**, имеющее следующий элементный состав:

Элемент	w, %
Q	45,21
N	33,79
H	8,13
O	12,87

Канареечно-жёлтое соединение **I**, содержащее 77,79 % элемента **Q** по массе, в XIX веке использовалось в живописи в качестве пигмента. Для получения этого соединения необходимо пропустить через раствор вещества **Y** газ **O** с запахом тухлых яиц. **I** можно синтезировать и по-другому: достаточно прилить раствор *сернистого натрия* к раствору соединения **W**.

1. Напишите формулы всех веществ, названия которых записаны *курсивом*.
2. Напишите формулы и названия загаданных веществ **Q**, **W**, **E**, **R**, **T**, **Y**, **U**, **I** и **O**.
3. Напишите уравнения всех описанных реакций.

Решение:

1. Купоросное масло — H_2SO_4

Едкое кали — KOH

Едкий натр — NaOH

Сернистый натрий — Na_2S

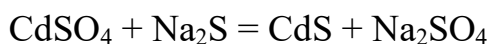
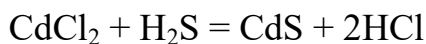
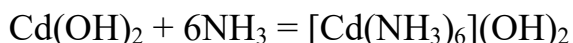
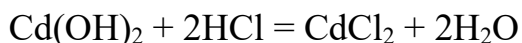
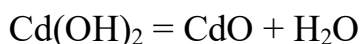
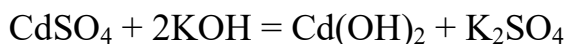
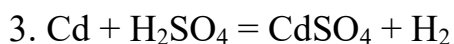
Муриевая кислота — HCl

2. Определить элемент **Q** можно, отталкиваясь от состава вещества **I**. Горючий газ **E**, выделяющийся при реакции металлического **Q** с серной кислотой — это водород H_2 , а **W**, вероятно, является сульфатом **Q**. Согласно условию, **I** можно получить, добавив раствор Na_2S к раствору сульфата **Q**; значит, **I** может быть сульфидом элемента **Q**. Массовая доля серы в **I** равна $100 - 77,79 = 22,21\%$; отсюда можно получить, что **I** — CdS ; значит, **Q** — Cd . К этому выводу можно прийти и без расчётов, используя только исторические факты об элементе **Q**, приведённые в условии.

После определения элемента **Q** можно легко определить вещества **Q–Y** по их химическим свойствам.

Рассчитанная брутто-формула соединения **U** — $\text{CdN}_6\text{H}_{20}\text{O}_2$. Правильная формула этого вещества — $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_2$, это гидроксид гексаамминкадмия(II).

Q — Cd , кадмий; **W** — CdSO_4 , сульфат кадмия(II); **E** — H_2 , водород; **R** — $\text{Cd}(\text{OH})_2$, гидроксид кадмия(II); **T** — CdO , оксид кадмия(II); **Y** — CdCl_2 , хлорид кадмия(II); **U** — $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_2$, гидроксид гексаамминкадмия(II); **I** — CdS , сульфид кадмия; **O** — H_2S , сероводород.



Разбалловка:

1. Каждая правильная формула вещества из п. 1 — 0,8 балла (всего 4 балла).
2. Каждая правильная формула веществ **Q**, **W**, **E**, **R**, **T**, **Y**, **U**, **I** и **O** — 0,5 балла (всего 4,5 балла).

3. Каждое правильное название веществ **Q, W, E, R, T, Y, U, I** и **O** — 0,5 балла (всего 4,5 балла).

4. Каждая правильно уравненная реакция — 1 балл (всего 7 баллов).

Задача 4

В одном городе зимой в санитарно-защитной зоне аэропорта наблюдалось массовая смертность многих представителей фауны. Выяснилось, что основная причина смерти была острая почечная недостаточность. При анализе органов погибших животных были выделены два вещества, которые оказались метаболитами исходного токсиканта. Первое вещество даёт реакцию серебряного зеркала и цветную реакцию с триптофаном в присутствии серной кислоты. Второе вещество при нагревании образует смесь эквимольных количеств моно- и диоксида углерода и воды, а при окислении перманганатом калия в кислой среде не образует органических продуктов окисления. Для объяснения и устранения причины отравления экологами была выдвинута гипотеза, для подтверждения которой были отобраны пробы воды в местных водоёмах и доставлены в лабораторию.

В лаборатории из проб отобрали аликвоту 300 мкл образца, смешали её с 300 мкл концентрированной уксусной кислоты и 200 мкл концентрированной серной кислоты, закрыли в герметичную ампулу и поставили на 30 минут в термостат при 60 °С. После извлечения и охлаждения пробы экстрагировали хлористым метиленом. Метиленовый экстракт перенесли в новую ампулу, промыли дважды раствором бикарбоната натрия, далее добавили на дно ампулы безводный сульфат натрия и оставили на 30 минут. После раствор удалили, сконцентрировали и ввели 0,1 мкл в газовый квадрупольный хромато-масс-спектрометр с химической ионизацией. На получившейся масс-хроматограмме увидели отчётливый сигнал соединения с массой 147 ($M+H^+$), а также ионы 105 ($M+H^+$), что подтвердило гипотезу экологов.

Задания:

1. Какое соединение было обнаружено в местной воде?
2. Какие реакции лежали в основе процессов в ходе пробоподготовки?
3. Чему соответствуют полученные на масс-спектре молекулярные массы?
4. Какие продукты оказались метаболитами токсиканта?
5. Запишите уравнения реакции, описанные в задаче для этих метаболитов.

Решение:

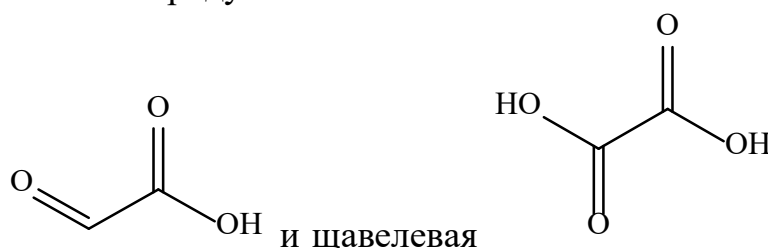
1. В воде содержался этиленгликоль, который используется для обработки крыльев самолётов перед вылетом для предотвращения наледи в зимнее время, который очевидно попал туда вследствие нарушения технологии процедуры использования. При попадании в организм он окисляется до

щавелевой кислоты, которая даёт осадок с ионами кальция в почках, который забивает почечные мембраны, что вызывает почечную недостаточность. При обработке уксусной кислотой в присутствии серной происходит ацилирование и образуется диацетат гликоля.

2. Перед введением в хроматограф пробу нужно очистить от кислоты, что достигается обработкой содой.

3. При химической ионизации происходит протонирование молекул диацетата гликоля с образованием MH^+ , а также дочерние ионы, образующиеся при отщеплении одного или двух остатков ацетата от фрагмента этиленгликоля.

4. При попадании этиленгликоля в организм его спиртовые группы последовательно окисляются ферментами алкогольдегидрогеназой и альдегиддегидрогеназой. Основными продуктами метаболизма оказываются

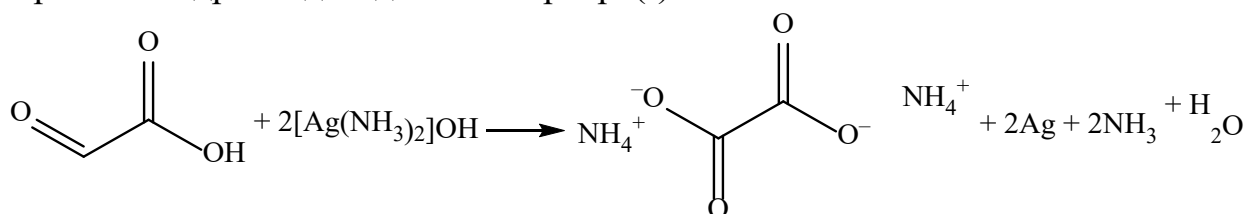


глиоксиловая (глиоксалева)

и щавелевая

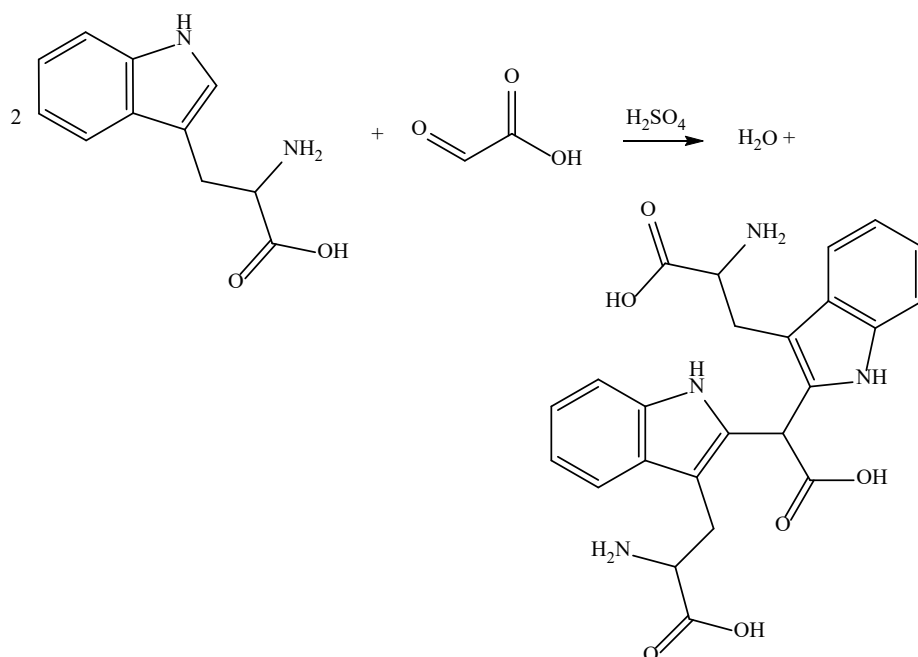
кислоты. Именно их действие обуславливает токсический эффект этиленгликоля.

5. Альдегидная группа глиоксиловой кислоты даёт реакцию серебряного зеркала с гидроксидом диаминсеребра(I).

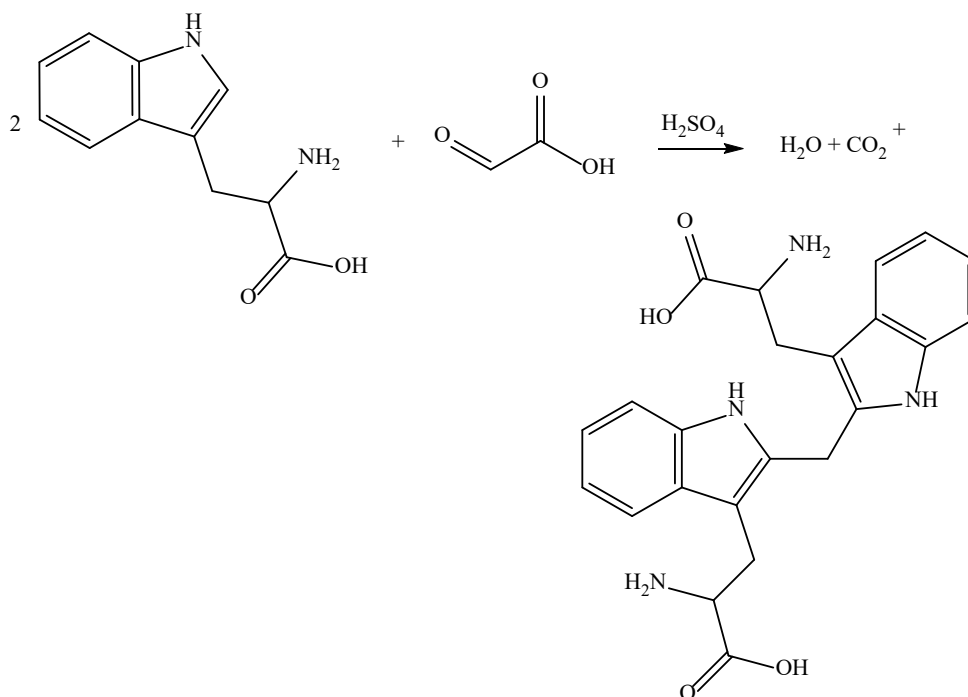


При этом помимо металлического серебра образуется оксалат аммония. Выделяется аммиак и вода.

Также альдегидная группа глиоксиловой кислоты вступает в реакцию с триптофаном с образованием красно-фиолетового продукта. Это реакция Адамкевича. Кроме триптофана её могут давать другие соединения, содержащие индольные фрагменты.

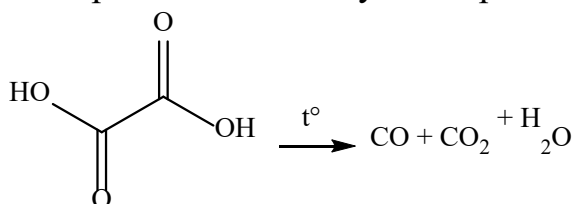


Также эта реакция может протекать с потерей карбоксильной группы глиоксиловой кислоты

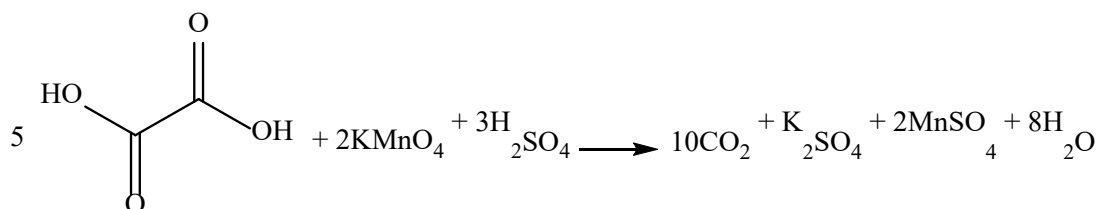


Любая из этих реакций считается правильной.

Щавелевая кислота — первый член ряда дикарбоновых кислот. Ее термическое разложение протекает по следующей реакции:



Реакция окисления щавелевой кислоты перманганатом калия протекает с образованием углекислого газа, сульфатов калия и марганца и воды:



Разбалловка:

1. Решение п. 1 — 4 балла.
2. Решение п. 2 — 4 балла.
3. Решение п. 3 — 4 балла.
4. Решение п. 4 — 4 балла.
5. Решение п. 5 — 4 балла.

Задача 5

Лечение злокачественных опухолей — одна из важнейших задач современной медицины. Одним из способов является введение в организм человека специальных веществ, накапливающихся преимущественно в опухолевых клетках, после этого пациент подвергается облучению тепловыми нейтронами, что вызывает ядерную реакцию деления с выделением большого количества энергии, которая убивает клетку, в которой был накоплен препарат. Таким образом, уничтожаются в основном клетки опухоли, а не здоровые клетки пациента.

Сама по себе идея достаточно очевидна и была предложена уже через четыре года после открытия Чедвиком нейтрона, однако есть ряд требований, которые сильно ограничивают варианты для лекарственного препарата: само вещество должно быть не токсичным, при распаде не должны образовываться радиоактивные элементы, энергии должно выделяться достаточно для убийства клетки, но гаситься эта энергия должна быстро, чтобы не убить соседние клетки.

Этим условиям отвечает один из стабильных изотопов элемента X. В нем одинаковое количество протонов, нейтронов и электронов. При поглощении теплового нейтрона он распадается, выделяя альфа-частицу и элемент Y, в котором массовая доля нейтронов на 7,14 % больше, чем в X.

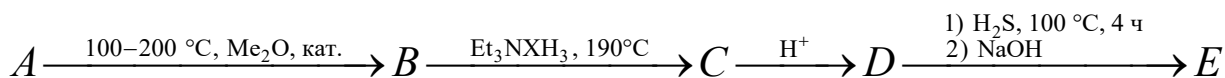
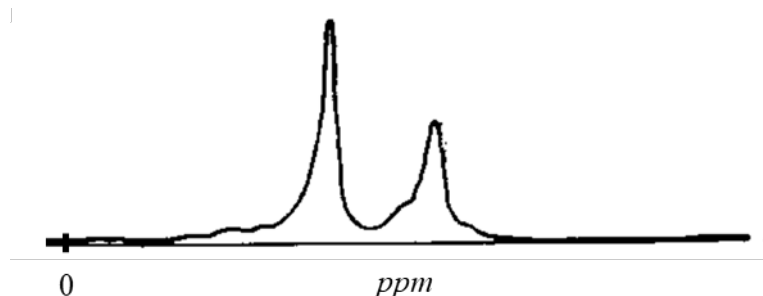
Задания:

1. Определите элементы X и Y с указанием изотопного состава, подтвердите расчётами. Напишите уравнение ядерной реакции превращения X в Y.

Одним из подходящих препаратов, содержащих элемент X, является вещество E. В качестве катиона в E выступает натрий. В основе трёхэлементной отрицательно заряженной частицы высокосимметричный правильный многогранник, имеющий 30 рёбер, 20 граней, 12 вершин. Анион является тиолом и имеет только 1 изомер. Массовая доля серы в E составляет 15,24 %.

2. Определите брутто-формулу вещества **E**.

Синтез вещества **E** начинают с газообразного бинарного вещества **A**, спектр ПМР которого, полученный при насыщении нужным изотопом элемента **X**, представлен ниже. Нагревание **A** в присутствии основания Льюиса, например, диметилового эфира, приводит к получению **B** с потерей массы 21,31 %. Обработка **B** амином без растворителей даёт **C**, являющиеся солью амина с анионом, формой очень похожей на форму аниона **E** (массовая доля углерода в **C** составляет 21,43 %). Взаимодействие с раствором кислоты ведёт к обменной реакции с выпадением пентагидрата (вещество **D**, массовая доля кислорода 43,08 %). Реакция с сероводородом при нагревании в течение четырёх часов с последующей обработкой натриевой щёлочью даёт целевой продукт **E**.



3. Определите вещества **A–D**.

Помимо элемента **X**, перспективным для данного вида лечения может быть использование элемента **Z**, хотя на людях он ещё не был протестирован. Простое вещество, образованное элементом **Z**, быстро реагирует с разбавленной серной кислотой, образуя катион с массовой долей **Z** равной 49,22 % (реакция 1) и геометрией трёхшапочной тригональной призмы. **Z** реагирует с галогеном **H₂**, образуя жёлтое соединение **F** (реакция 2), реакция которого с избытком **Z** даёт **G** (реакция 3), формулу которого лучше записывать $\{\text{Z}, 2\text{H}, e\}$. Известно, что изотоп **H**, имеющий атомную массу на 4 а. е. м. больше стабильного имеет отношение атомной массы к нейтронам $A_T / n = 1,68$ и активно используется в медицине при лечении диффузно-токсического зоба.

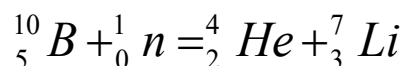
4. Определите элементы **Z** и **H**, подтвердите расчётом. Напишите реакции 1–3.

Примечание: для расчётов используйте атомные массы элементов с точностью до целых (для хлора 35,5).

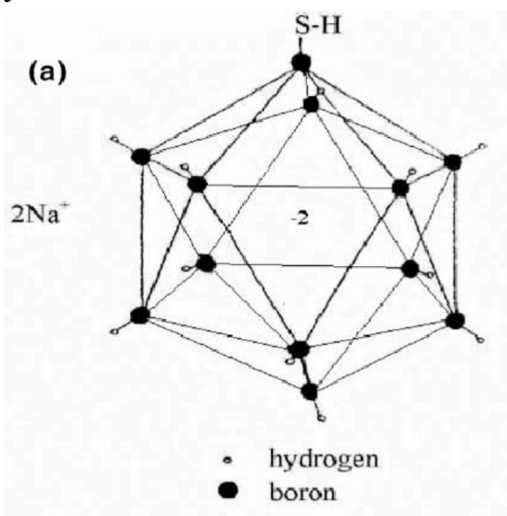
Решение:

1. Если в изотопе **X** одинаковое кол-во протонов и нейтронов, то их массовые доли равны по 50 %. Следовательно, в элементе **Y** массовая доля нейтронов

57,14 %, а протонов $100 - 57,14 = 42,86$ %. $57,14 / 42,86 = 1,33$, то есть, соотношение нейтрон : протон = 4:3. Альфа-частица — это атом гелия. Пусть в атоме **X** n протонов и n нейтронов, захватывая нейтрон, она выделяет альфа-частицу (два протона, два нейтрона), составляя баланс нейтронов и протонов у **Y**, получаем: $(n + 1 - 2) / (n - 2) = 4 / 3$, $n = 5$, значит, **X** — изотоп бор-10, **Y** — литий-7.



2. Сделаем расчёт молярной массы остатка (на один атом серы) на основе массовой доли серы: $32 / 0,1524 - 32 = 178$ г/моль. Вещество содержит бор и натрий. Анион является правильным 20-гранником — это икосаэдр, в нём 12 вершин, логично предположить, что в анионе 12 атомов бора, которые и составляют икосаэдр (иначе вещество имело бы более одного изомера). При этом, бор должен быть изотопом бор-10, чтобы иметь применение в качестве терапии, $178 - 10 \cdot 12 = 58$ г/моль. Вычтем как минимум один натрий $58 - 23 = 35$ г/моль. Третьим элементом аниона должен быть водород (ведь это тиол), но 35 водородов не могут поместиться с 12-ю борами, значит, натриев 2 штуки: $35 - 23 = 12$ г/моль. Получается, **E** — $Na_2B_{12}H_{11}SH$ или $Na_2B_{12}H_{12}S$.



3. **A** — вещество бинарное, содержащее бор-10, даёт пики в ПМР, таким образом содержит атомы водорода, то есть это какой-то боран. Видно, что пиков всего два, причём один из них примерно в два раза больше второго, из чего можно сделать вывод, что типов атомов водорода всего два и они относятся как 2:1. Под описание подходит диборан B_2H_6 (**A**).

A — B_2H_6 ; **B** — $B_{10}H_{14}$; **C** — $[Et_3NH]_2B_{12}H_{12}$; **D** — $[H_3O]_2B_{12}H_{12} \cdot 5H_2O$.

4. Определим **H**. Это можно сделать перебором.

Для фтора-19: $(19 + 4) / (19 + 4 - 9) = 1,64$;

хлора-35: $(35 + 4) / (35 + 4 - 17) = 1,77$;

хлора-37: $(37 + 4) / (37 + 4 - 17) = 1,71$;

брома-79: $(79 + 4) / (79 + 4 - 35) = 1,73$;

брома-81: $(81 + 4) / (81 + 4 - 35) = 1,70$;

иода-127: $(127 + 4) / (127 + 4 - 53) = 1,68$.

Значит, **Н** — это иод. Иод-131 действительно используется для диагностики и лечения заболеваний щитовидной железы.

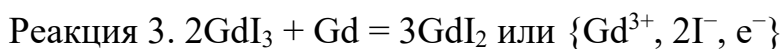
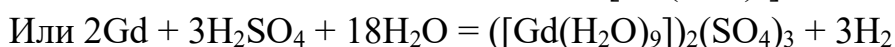
Из структуры $\{Y, 2H, e\}$ видно, что **Y** имеет степень окисления +3, так как электрон имеет заряд -1 , два галогена по -1 .

Реакция **Y** с разбавленной серной кислотой скорее всего даст аква-катион.

Сделаем расчёт: $18 / (1 - 0,4922) - 18 = 17,447$ г/моль на одну молекулу воды.

H ₂ O	1	2	3	4	5	6
M(Z)	17,447	34,894	52,341	69,788 (Ga)	87,235	104,682
H ₂ O	7	8	9	10	11	12
M(Z)	122,129 (Sb)	139,576	157,023 (Gd)	174,47	191,917 (Ir)	209,364

Так как расчёты надо было делать относительно целых значений атомной массы, то лучше всего подходит **Y** — гадолиний Gd. К этому же выводу можно прийти, зная, что трёхшапочная тригональная призма задаёт геометрию с КЧ = 9.



Разбалловка:

1. Определение **X** и **Y** — по 1 баллу (всего 2 балла); уравнение реакции — 1 балл.
2. Брутто-формула **E** — 4 балла.
3. Определение веществ **A–B** — по 1,5 балла (всего 6 баллов).
4. Определение элемента **Z** — 3 балла.
5. Определение элемента **H** — 1 балл.
6. Реакции 1–3 — по 1 баллу (всего 3 балла).