

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
имени академика И. П. Павлова»
Министерство здравоохранения РФ
Кафедра общей и биорганической химии

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ ПСПБГМУ ИМ.
И. П. ПАВЛОВА (2022/2023 УЧЕБНЫЙ ГОД)**

Учебно-методическое пособие

**Санкт-Петербург
РИЦ ПСПБГМУ
2023**

Составители: С. В. Агеев, В. А. Голотин, Б. М. Кершенгольц,
И. С. Кривошей, А. Н. Лёвкин, А. С. Мерещенко, О. В. Миколайчук,
Б. В. Папонов, А. В. Петров, Е. А. Попова, А. В. Протас, А. А. Проявкин,
К. Н. Семёнов (ответственный редактор), А. А. Слободов, О. В. Стефанова,
В. Д. Хрипун, Н. А. Чарыков, Е. Г. Чупахин, В. В. Шаройко, О. С. Шемчук,
Г. О. Юрьев

Рецензент: к. х. н., доцент кафедры общей и неорганической химии Института химии СПбГУ М. Ю. Скрипкин.

Пособие утверждено на заседании Цикловой методической комиссии физиолого-химических дисциплин. Протокол № 6 от 06.03.2023 года.

Олимпиада школьников по химии ПСПбГМУ им. И. П. Павлова (2022/2023 учебный год): учеб.-метод. пособие / под ред. К. Н. Семёнова — СПб.: РИЦ ПСПбГМУ, 2023. — 62 с.

Данное пособие посвящено разбору заданий отборочного и заключительного этапов Олимпиады школьников по химии ПСПбГМУ им. И. П. Павлова (2022/2023 учебный год). К каждому заданию обоих этапов даны условие и полный разбор с указанием баллов.

Издание предназначено для школьников при подготовке к Олимпиаде школьников по химии ПСПбГМУ им. И. П. Павлова.

ISBN

© РИЦ ПСПбГМУ, 2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
УСЛОВИЯ ЗАДАНИЙ.....	10
Отборочный этап.....	10
8-й класс.....	10
9-й класс.....	12
10-й класс.....	15
11-й класс.....	18
Заключительный этап.....	21
8-й класс.....	21
9-й класс.....	23
10-й класс.....	27
11-й класс.....	30
РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ.....	34
Отборочный этап.....	34
8-й класс.....	34
9-й класс.....	36
10-й класс.....	39
11-й класс.....	43
Заключительный этап.....	46
8-й класс.....	46
9-й класс.....	49
10-й класс.....	52
11-й класс.....	58
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Фундаментом успешного развития любой науки является работа с одарёнными школьниками и молодыми исследователями. Работа с талантливой молодёжью в Университете включает проведение различных мероприятий: научных и научно-популярных лекций от ведущих российских и зарубежных учёных («Лаборатория биомедицинского материаловедения: новые принципы создания «умных лекарств»», «Углеродные наноструктуры: построй свой собственный наномир», «Химические элементы биосферы» и др.), мастер-классов по подготовке к ЕГЭ, экскурсий по музеям Университета, конференций для школьников, Олимпиады. Университет активно участвует в организации и проведении различных всероссийских и международных акций и профориентационных мероприятий («Ночь музеев», «В музей сегодня — в науку завтра!», «Химическая лабораторная»).

Основной целью Олимпиады по химии ПСПбГМУ им. И. П. Павлова является поддержка школьников, глубоко интересующихся химией, а также их мотивация к дальнейшему изучению естественных наук. Олимпиадные задания имеют высокую степень оригинальности и охватывают все разделы школьного курса химии, включая цепочки химических превращений, расчётные задания, задания на установления соответствий. Для подготовки олимпиадных заданий привлекаются ведущие школьные учителя и преподаватели профильных высших учебных заведений.

Организационный комитет Олимпиады включает ведущих учёных из крупнейших вузов и научно-исследовательских центров России и зарубежья. В 2022–2023 учебном году в состав Оргкомитета входят д. м. н., академик РАН Ю. С. Полушин (проректор по научной работе Университета), д. м. н., профессор А. И. Ярёмченко (проректор по учебной работе Университета), д. х. н., профессор И. В. Мурин (заведующий кафедрой химии твёрдого тела Института химии СПбГУ), д. х. н., член-корреспондент РАН В. В. Гусаров (заведующий лабораторией новых неорганических материалов ФТИ им. А. Ф. Иоффе), д. х. н., академик РАН В. Л. Столярова (профессор кафедры общей и неорганической химии Института химии СПбГУ), д. т. н., профессор И. В. Воротынец (ректора Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева), д. т. н., доцент А. П. Шевчик (ректор Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)), д. х. н., профессор А. М. Тойкка (заведующий кафедрой химической термодинамики и кинетики Института химии СПбГУ), д. х. н., профессор В. А. Островский (профессор кафедры химии и технологии органических соединений азота СПбГТИ(ТУ)), д. м. н., профессор Т. Д. Власов (декан лечебного факультета Университета), PhD Д. А. Нерух (профессор

кафедры математики Астонского университета (Соединённое Королевство)), PhD О. В. Преждо (профессор Университета Южной Калифорнии (США)), д. х. н., член-корреспондент НАН Беларуси А. И. Иванец (министр образования Республики Беларусь), д. м. н. Л. В. Васина (заведующий кафедрой биологической химии Университета), д. х. н. К. Н. Семёнов (заведующий кафедрой общей и биоорганической химии, заведующий лабораторией биомедицинского материаловедения Университета), д. х. н., доцент О. В. Альмяшева (заведующий кафедрой физической химии СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)), М. К. Топунова (директор ГБОУ гимназия № 631 Приморского района Санкт-Петербурга), Е. А. Богородицкая (директор ГБОУ СОШ № 327 Невского района Санкт-Петербурга), Я. О. Баськова и А. В. Завьялов (обучающиеся третьего курса лечебного факультета Университета). В состав Оргкомитета входит представитель органов государственной власти Российской Федерации И. Ю. Ганус (первый заместитель председателя комитета по науке и высшей школе Санкт-Петербурга). Председателем Оргкомитета является выдающийся учёный и врач, ректор Университета, д. м. н., академик РАН С. Ф. Багненко.

Председателем Методической комиссии является д. б. н., доктор медицины, профессор кафедры общей и биоорганической химии Университета В. В. Шаройко. В состав Методической комиссии входят ведущие преподаватели вузов Санкт-Петербурга (Институт химии СПбГУ, СПбГТИ(ТУ), РГПУ им. А. И. Герцена) и сотрудники кафедры общей и биоорганической химии Университета. Председателем Жюри является д. х. н., профессор кафедры общей и биоорганической химии Университета Е. А. Попова.

Организатором Олимпиады по химии является одна из старейших кафедр Университета — кафедра общей и биоорганической химии, основанная в 1897 году. История развития химической науки в Университете неразрывно связана с именами таких выдающихся российских учёных как В. Е. Тищенко, Ю. С. Залькинд, А. А. Гринберг, К. П. Мищенко и др.

С 1900 по 1915 годы кафедрой заведовал академик АН СССР В. Е. Тищенко. Среди наиболее значимых научных достижений В. Е. Тищенко следует отметить определение химической природы различных сортов нефти; создание рецептуры лабораторных стёкол; изобретение посуды для промывки, осушения и поглощения газов («склянка Тищенко»); разработку способа получения камфоры. Кроме того, академик В. Е. Тищенко является первым биографом Д. И. Менделеева («Д. И. Менделеев, его жизнь и деятельность»).

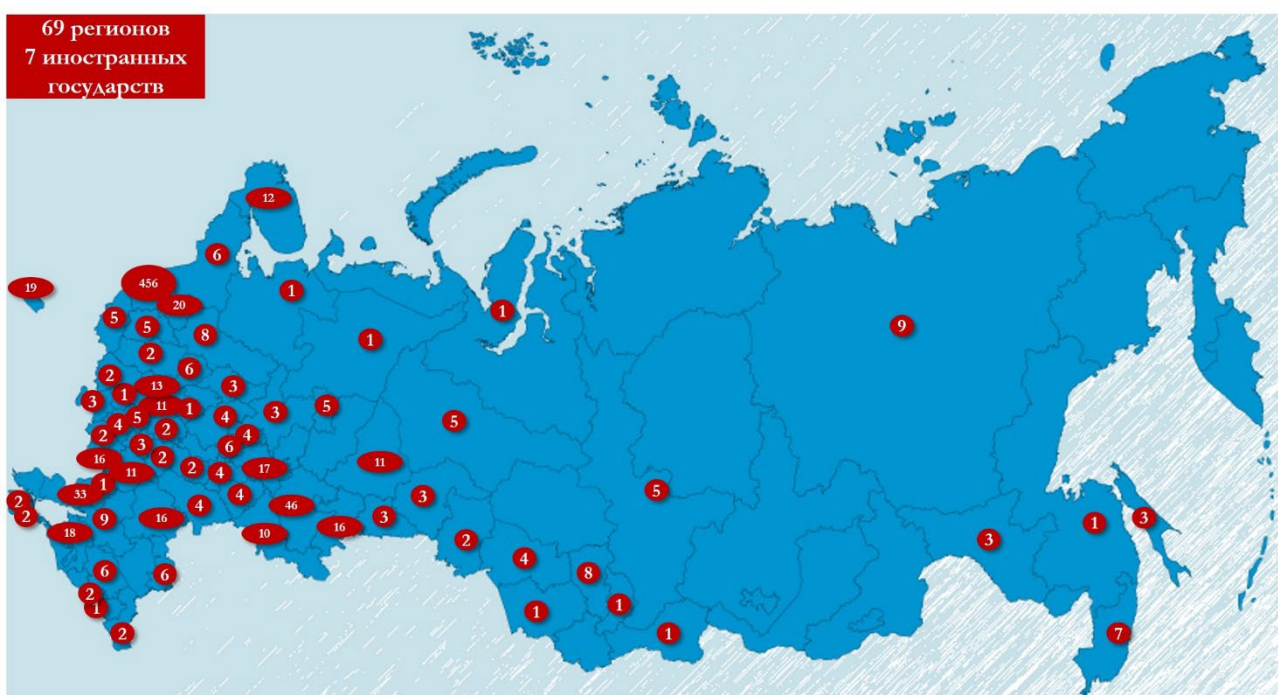
С 1923 по 1933 годы к руководству кафедрой неорганической химии был привлечён профессор Ю. С. Залькинд, специалист в области органической

химии. Среди научных направлений Ю. С. Залькинда можно выделить следующее: исследования в области каталитического гидрирования ацетиленовых производных; изучение магнийорганических соединений; работы в области синтеза различных пластификаторов и пластмасс и др.

В период с 1933 по 1946 годы кафедрой руководил выдающийся химик, профессор А. А. Гринберг, автор большого числа научных работ и монографий, член-корреспондент, а впоследствии академик АН СССР. Научные работы А. А. Гринберга прежде всего были связаны с синтезом и изучением комплексных соединений. А. А. Гринберг исследовал строение и стереохимию комплексных соединений платины, в частности, предложил новый метод определения строения геометрических изомеров (метод Гринберга), изучил кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства комплексных соединений в растворах; применил метод меченых атомов для изучения строения и свойств комплексных соединений. Кроме того, академик А. А. Гринберг исследовал комплексные соединения урана, тория и других элементов. В 1925 году А. А. Гринберг был удостоен премии имени А. М. Бутлерова, в 1941 году — премии имени Л. В. Писаржевского, в 1946 году — Государственной премии СССР.

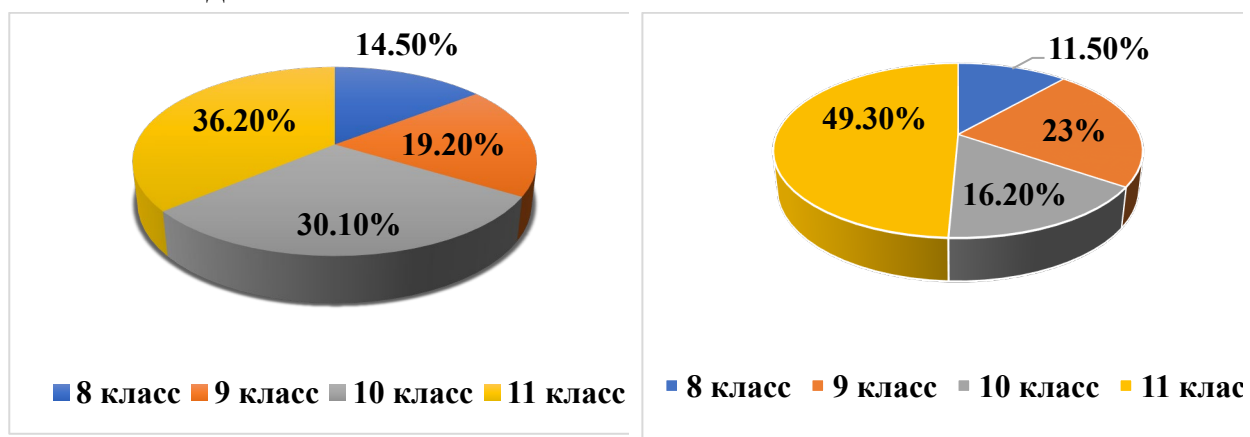
В 1942 году кафедрой заведовал профессор К. П. Мищенко, заслуженный деятель науки РСФСР, крупнейший специалист в области термодинамики и строения водных и неводных растворов.

В 2022–2023 учебном году в отборочном этапе Олимпиаде приняло участие 954 человека из 69 регионов России и семи иностранных государств (Узбекистана, Казахстана, Беларуси, Кыргызстана, Туркменистана, Монголии и Южной Осетии).



География участников отборочного этапа Олимпиады.

Участниками Олимпиады стали учащиеся 8–11 классов, при этом процент участников из невыпускных классов составил 45 % для отборочного этапа и 26 % для заключительного.



Распределение участников отборочного (*слева*) и заключительного (*справа*) этапов Олимпиады по классам.

В заключительный этап Олимпиады прошли 317 человек (33.2 %). Площадками для проведения заключительного этапа стали ПСПБГМУ им. И. П. Павлова (г. Санкт-Петербург), Лицей № 35 им. В. В. Буткова (г. Калининград), МАОУ «Центр образования № 40» (г. Уфа) и МБОУ Гимназия им. И. С. Никитина (г. Воронеж). Более 100 учащихся приняли участие в Олимпиаде в дистанционном формате с применением системы прокторинга. Победителями Олимпиады (диплом I степени) стали 4 человека, призёрами — 14 человек, из них дипломом II степени были награждены 4 человека, III степени — 10 человек. Стоит отметить, что победителями и призёрами Олимпиады стали учащиеся из различных регионов России и Беларуси: г. Санкт-Петербурга, Астраханской, Брянской, Вологодской, Нижегородской, Новосибирской, Ростовской, Челябинской областей, Республик Башкортостана и Татарстана, Краснодарского края, Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, Ямало-Ненецкого автономного округа; Брестской и Витебской областей Республики Беларусь. Членами жюри были отмечены высокий уровень работ и мотивация участников к решению заданий повышенной сложности, большая часть которых носила междисциплинарный характер. Участники Олимпиады продемонстрировали не только знание формул и понимание основных закономерностей протекания химических процессов, но и умение логически и творчески мыслить и активно привлекать для решения задач знания из смежных областей: физики, биологии, математики.

Критерии определения победителей и призёров

Отборочный этап

Победителями отборочного этапа Олимпиады школьников по химии признаются участники, набравшие 70 баллов и более из 100 возможных, но не более первых 8 % мест в рейтинговом списке участников. Призёрами отборочного этапа признаются участники, набравшие 30 баллов и более. Общее количество победителей и призёров отборочного этапа олимпиады не превышало 45 % от общего фактического числа участников этапа олимпиады.

Заключительный этап

Победителями Олимпиады признаются участники, набравшие 80 и более баллов из 100 возможных. При этом количество победителей не превышало 8 % от общего числа участников заключительного этапа Олимпиады. Призёрами Олимпиады признаются участники, набравшие 50 баллов и более. Второе место присуждалось участникам, набравшим от 50 до 64 баллов; третье место — от 65 до 79 баллов. При этом совокупное количество победителей и призёров заключительного этапа Олимпиады не превышало 25 % от общего числа участников заключительного этапа Олимпиады.

Победители и призёры Олимпиады школьников по химии (2022–2023 учебный год)

8 класс

1. Молчанов Вячеслав Андреевич (Вологодская область) — диплом I степени.
2. Степук Екатерина Александровна (г. Санкт-Петербург) — диплом I степени.

9 класс

1. Мелеш Матвей Олегович (Брестская область, Республика Беларусь) — диплом III степени.

10 класс

1. Юрьева София Юрьевна (Новосибирская область) — диплом I степени.

11 класс

1. Антипова Анастасия Евгеньевна (Ямало-Ненецкий автономный округ) — диплом III степени.
2. Богословский Кирилл Александрович (Ханты-Мансийский автономный округ — Югра) — диплом III степени.
3. Волкова Полина Андреевна (Астраханская область) — диплом III степени.

4. Гришина Алина Александровна (Республика Татарстан) — диплом III степени.
5. Карсиева Самира Мавлудиновна (Ханты-Мансийский автономный округ — Югра) — диплом II степени.
6. Курская Арина Павловна (Витебская область, Республика Беларусь) — диплом II степени.
7. Лагерной Лев Валерьевич (Ростовская область) — диплом III степени.
8. Ненова Анастасия Вячеславовна (г. Санкт-Петербург) — диплом III степени.
9. Новикова Ирина Игоревна (Брянская область) — диплом II степени.
10. Павлова Анастасия Павловна (Челябинская область) — диплом III степени.
11. Рыбина Валерия Владимировна (Нижегородская область) — диплом III степени.
12. Хачатрян Владимир Григорьевич (Краснодарский край) — диплом III степени.
13. Шамсутдинова Азалия Минимуратовна (Республика Башкортостан) — диплом I степени.
14. Юрканова Виктория Александровна (Ростовская область) — диплом II степени.



Победители и призёры заключительного этапа Олимпиады школьников по химии (фотография сделана на церемонии награждения 1 апреля 2023 года в ПСПбГМУ им. И. П. Павлова).

УСЛОВИЯ ЗАДАНИЙ

Отборочный этап

8-й класс

Задача 1.

Летучее вещество **A** при нормальных условиях имеет относительную плотность по водороду равную 15. Оно использовалось в качестве консерванта в пищевой промышленности, однако позже вещество было запрещено на территории РФ, так как продукты реакции вещества **A** с кислородом опасны для здоровья человека и отнесены к классу опасности номер три. Вещество **A** может приводить к большому ущербу здоровью вследствие его связывания с гемоглобином крови. После окисления вещества **A** образуется вещество **Б**, которое в свою очередь используется в качестве окислителя в ракетном топливе и взрывчатых веществах.

1. Назовите вещество **A** и **Б**.
2. Напишите реакцию растворения вещества **Б** в щёлочи (используйте NaOH).

Задача 2.

Сколько молекул содержится в 200 миллиграммах жидкой воды? Сколько атомов гелия будет содержаться в воздушном шарике объёмом 5 литров (н. у.), заполненном этим газом? До какого объёма удастся надуть шарик (н. у.), если взять для этого 6 граммов азота?

Задача 3.

Есть три неорганических вещества, применяемых в медицине.

Первое (используется в виде спиртового раствора) оставляет на коже коричневые пятна.

Второе (используется в виде водного раствора) оставляет на коже белые пятна.

Третье (используется в твёрдом виде под названием *ляпис*) оставляет на коже чёрные пятна.

1. Если первое и второе вещество прореагируют между собой, образуются иодноватая кислота и вода.
2. Если второе и третье вещество прореагируют между собой, образуются благородный металл, газ, необходимый для дыхания, и кислота, оставляющая на коже жёлтые пятна.
3. Если первое и третье вещество прореагируют между собой в присутствии воды, образуются та же кислота, что и в предыдущей реакции и две соли благородного металла — соль кислоты из первой реакции и соль, где элемент, образующий первое вещество, проявит степень окисления, равную -1 .

Назовите эти вещества, запишите и уравняйте реакции. Что за кислота образуется во второй и третьей реакции?

Задача 4.

Через некоторый объём известковой воды (плотность $1,0 \text{ г/см}^3$) пропустили равный объём углекислого газа (объём газа измерен при нормальных условиях). После окончания реакций масса конечного раствора оказалась равна массе исходного раствора. Считая поглощение углекислого газа за счёт химических реакций количественным и пренебрегая возможным испарением воды в ходе процесса и растворимостью карбоната кальция в воде, рассчитайте массовую долю растворенных веществ в исходном и конечном растворах.

Задача 5.

Белая соль натрия хорошо растворима, при её взаимодействии с раствором BaCl_2 выпадает осадок (реакция 1), который растворяется в HCl (реакция 2). При добавлении к этой же соли $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ выпадает белый осадок (реакция 3). При обработке этого осадка концентрированной азотной кислотой происходит выделение бурого газа, при этом образуется нерастворимое вещество (реакция 4). Если исходную соль прокалить без доступа воздуха (реакция 5), твёрдый остаток растворить в воде и добавить раствор BaCl_2 , выпадает белый осадок нерастворимый в кислотах (реакция 6). Если к этому же раствору, полученному при растворении твердого остатка от прокаливания, добавить $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, выпадает серый осадок (реакция 7), который при действии H_2O_2 становится белым (реакция 8). Эта реакция используется при реставрации старинных картин, которые со временем темнеют, так как в них использовались свинцовые белила. Напишите уравнения проведённых реакций.

9-й класс

Задача 1.

Вещество **А** должно храниться в темноте, так как оно медленно разлагается на свету, при этом выделяется (образуется твердое вещество и выделяется газ) твёрдое вещество **Б** и газ **В** с резким запахом. Вещество **Б** можно растворить в концентрированном растворе вещества **Г** с образованием раствора вещества **Д** и газа **Е**. В концентрированном растворе вещества **З** происходит растворение **А** до прозрачного раствора без выделения газа. Растворы **З** и **Г** противоположны по реакции среды. Раствор **Д** переходит в раствор **Г** при действии газа **Ж**. Раствор **Ж** имеет кислую реакцию среды. Газ **Ж** образуется при взаимодействии газа **В** с водородом. При реакции раствора **Ж** с раствором **Д** снова образуется **А**. При взаимодействии газа **В** с водой образуется вещество **Ж** и выделяется простое вещество, а при реакции **В** с **Е** в присутствии воды образуется раствор **Г** и **Ж**. Установите зашифрованные вещества и напишите уравнения проведённых реакции.

Задача 2.

Сын купца Иван нашёл в богатой коллекции отца древнегреческий бронзовый шлем массой 5 кг. Недолго думая, он предложил местному кузнецу переплавить шлем для получения меди и олова (кузнец обладал навыками полноценного разделения металлов из сплавов). Олово пойдёт на отлив солдатиков для Ивана, а медь кузнецу. Определите состав сплава, если известно, что после разделения получилось две фракции. Оловянная фракция заняла объём 263,16 мл. Плотность олова составляет 5,7 г/см³. Также предложите, как химически можно было бы разделить эти металлы в четыре стадии (первая из них — реакция с кислотой).

Задача 3.

Химические элементы **А** и **Б** расположены в одной группе периодической системы. Относительная атомная масса элемента **А** в два раза меньше относительной атомной массы элемента **Б**. Каждый из этих элементов, **А** и **Б**, образует по несколько аллотропных модификаций. Элемент **А** образует две аллотропные модификации **В** и **Г**, в то время как элемент **Б** образует как минимум три устойчивые модификации — **Д**, **Е** и **Ж**. Простое вещество **В** может реагировать с **Д** с образованием двух бинарных соединений **И**, **К**. При этом относительная молекулярная масса **К** в 1,25 раз больше таковой массы **И**. Как соединение **И**, так и соединение **К** растворяются в воде с образованием, соответственно, двух веществ **Л** и **М**, которые изменяют окраску лакмуса и метилоранжа. Соединение **М** взаимодействует с **К** и образуется соединение **Н**,

которое используется как водоотнимающий и окисляющий реагент, в котором массовая доля элемента **A** равна 63 %.

А) приведите формулы веществ **B–K**;

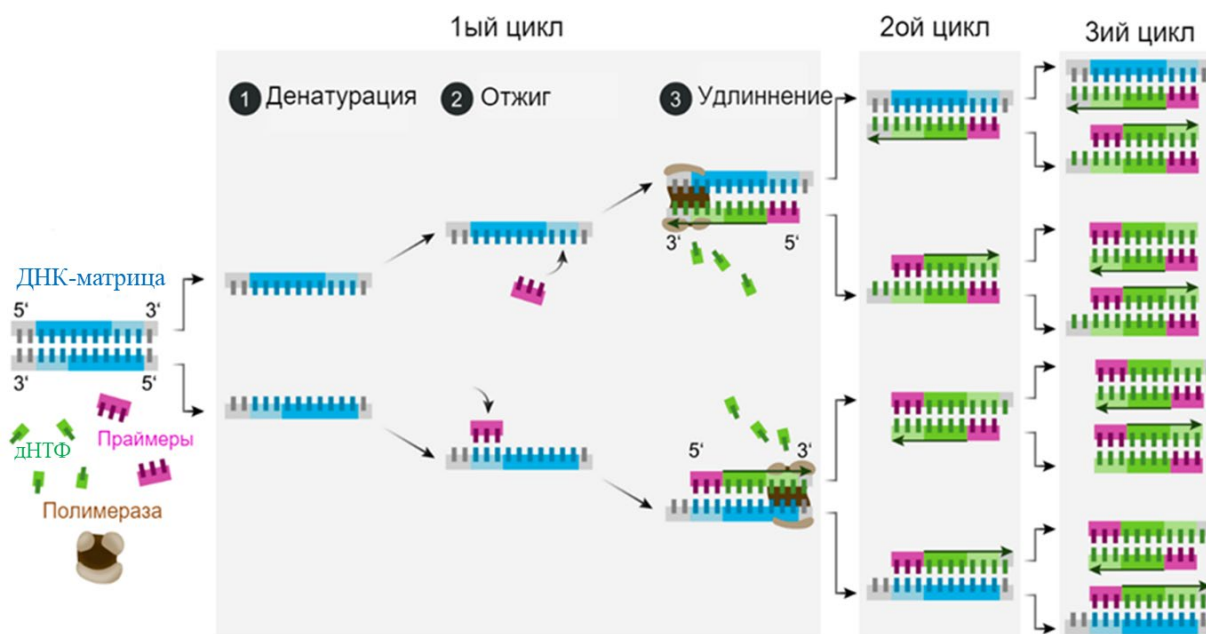
Б) напишите уравнения упомянутых реакций и назовите каждое зашифрованное соединение;

В) как можно увеличить выход реакции **B** с **D**? Предложите варианты смещения этого химического равновесия.

Г) раствор с какой массовой долей вещества можно получить в цепочке превращений **B** → **K** → **M**, если исходная масса **B** равна 30 г, а полученное вещество **M** растворить в 200 мл воды (учесть потери в производстве на каждой стадии — по 25%)?

Задача 4.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР, реакция амплификации) — это способ многократного «умножения» определённого участка ДНК в искусственных условиях в результате повторяющихся циклов смены температурных режимов: денатурация ДНК (расплетение антипараллельных нитей ДНК), отжиг праймеров (коротких последовательностей нуклеотидов, ограничивающих («метящих») материнскую первичную ДНК в качестве «затравки» для фермента ДНК-полимеразы) и элонгация (процесс синтеза дочерних цепей ДНК). За один цикл теоретически удваивается участок ДНК в одной молекуле. В процессе такой искусственной репликации ДНК участвует ДНК-полимераза. Есть вероятность, что ДНК-полимераза, достраивая цепь в процессе элонгации каждого цикла амплификации, сделает одну ошибку приблизительно на каждые 1 000 пар нуклеотидов (п. н.). Вычислить число возможных ошибок ДНК-полимеразы, если известно, что ПЦР фрагмента ДНК длиной 560 п. н. будет выполняться в количестве 15 циклов, а в исходном растворе было две молекулы исходной ДНК (ДНК-матрицы). Ответ дать с точностью до одной ошибки, без долей.



Схематический механизм ПЦР.

Задача 5.

X — радиоактивный изотоп, активно используемый в медицинской диагностике. Его получают из продуктов распада другого радиоизотопа — молибдена-99, который образуется при делении урана-235. Поскольку последний процесс приводит к образованию большого количества радиоактивных отходов, учёные решили получать молибден-99 не из урана, а из обогащённого молибдена-98. Однако обогащённый молибден очень дорогостоящий. Для этого учёные придумали безотходную технологию выделения молибдена-99 из щелочных отходов производства молибдена-98 (в составе K_2MoO_4).

1. Из предложенных реактивов выберите нужные и предложите схему выделения молибдена из K_2MoO_4 (запишите уравнения реакций): пирит, соляная кислота, серная кислота, перекись водорода, гидрокарбонат кальция, фосфорная кислота, перманганат калия, кислород, водород.
2. Напишите уравнение бета-распада молибдена-99.

10-й класс

Задача 1.

Бинарное вещество **A** при стандартных условиях представляет собой жидкость с температурой кипения около 114 °С. По данным анализа структуры в молекуле **A** содержится 6 атомов и 18 электронов, только 4 электрона не являются валентными.

Вещество **A** хорошо растворимо в воде и при взаимодействии с эквимольным количеством хлороводорода в водном растворе образуется соединение **B** с ионным типом кристаллической решётки.

Взаимодействие водного раствора полученного вещества **B** с азотистой кислотой приводит к образованию бинарного вещества **B** с ярко выраженными окислительными свойствами. Например, в присутствии концентрированной соляной кислоты вещество **B** способно растворять благородные металлы.

1. Установите состав и структуру вещества **A**, назовите его.
2. Объясните, почему только 4 электрона в молекуле **A** не являются валентными.
3. Составьте уравнения реакций превращения вещества **A** в **B**, вещества **B** в **B**. Назовите катион в составе вещества **B**, приведите название вещества **B**.
4. Приведите пример реакции растворения платины в смеси соляной кислоты и вещества **B**.
5. Укажите валентности всех атомов в молекуле **B**.

Задача 2.

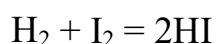
Многие лекарственные средства противоопухолевого действия имеют в своей основе углеводородное ароматическое кольцо, где часть фрагментов C–H заменены на азот. Часть из таких соединений до сих пор остаётся объектом теоретических исследований.

В соединении 1 массовая доля азота равна 68 %, а в соединении 2 — 52 %. Соединение 3 — трихлорпроизводное соединения 2 способно вступать в реакции замещения с различными нуклеофилами. Применяется главным образом в производстве гербицидов, отбеливателей, красителей.

Напишите структурную формулу этих соединений. Предположите, какое количество изомеров может иметь каждое из них.

Задача 3.

Рассчитайте константу равновесия реакции, протекающей в идеальной газовой фазе:



при температуре $T = 298$ К и давлении $P = 1$ атм. Рассчитайте равновесные парциальные давления компонентов газовой смеси. Определите, куда смещается равновесие при увеличении температуры, давления и добавлении катализатора — Pd (чернь)?

Изменение энергии Гиббса рассчитывается по формуле:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

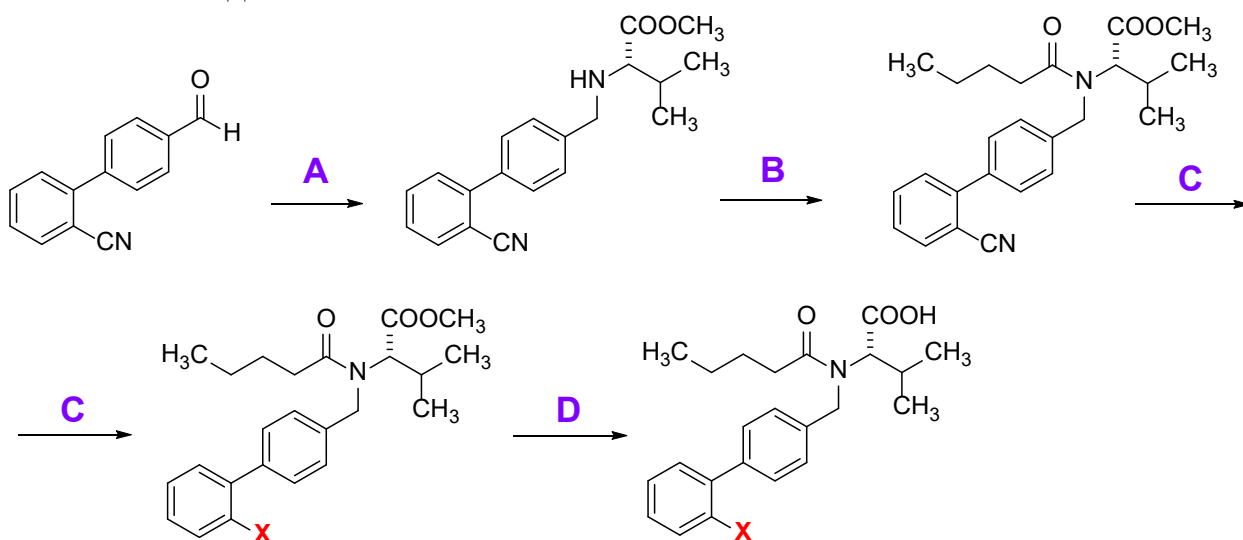
Связь энергии Гиббса и константы равновесия:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

Вещество	Стандартная энтальпия образования $\Delta_f H_{298}^\circ$, кДж·моль ⁻¹	Стандартная энтропия S_{298}° , Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹
H ₂	—	131
I ₂	—	116
HI	26	206

Задача 4.

Антигипертензивные препараты используются для лечения гипертонической болезни (повышенное артериальное давление). Восстановите схему синтеза широко применяемого антигипертензивного средства и определите реагенты **A**, **B**, **C**, **D**, функциональную группу **X**, а также структурную формулу и название циклического соединения **X**. Соединение **X**, а также его производные не обнаружены в составе природных объектов Земли, их получают исключительно синтетическим путём. Однако гипотетически данное соединение может образовываться на космических объектах Плутоне и Тритоне (спутник Нептуна), изучение спектральных характеристик поверхности которых показало возможное образование во льдах синильной кислоты и азид-аниона.



Задача 5.

На заводе по производству метанола произошла чрезвычайная ситуация: в связи с поломкой перегоночных систем произошёл выброс большого количества паров спирта в воздух, из-за чего несколько сотрудников получили очень серьёзное отравление. Оперативно был вызван штатный медик, который увидев степень отравления рабочих, решил незамедлительно принять меры и распорядился пострадавшим: обеспечить пострадавшим доступ свежего воздуха, расстегнуть пуговицы, ослабить ворот рубашки, дать большое количество тёплой кипячёной воды, следить чтобы рвотные массы не попали в дыхательные пути.

А сам срочно развёл в 1,3 раза раствор, который всегда возил с собой в медицинском чемоданчике врача и приказал каждому из пострадавших выпить по 100 мл этого раствора, затем повторять его приём по 50 мл через каждые 2 часа, вплоть до приезда скорой помощи. При этом он сказал окружающим, что если бы пострадавшие были бы без сознания, то ему пришлось бы вводить им «антидот», разбавленный в 4 раза внутривенно. Такая срочно оказанная первая помощь до приезда скорой помощи сохранила пострадавшим жизнь и здоровье.

1. Что за раствор «антидота» всегда возил опытный врач-токсиколог в своём медицинском чемоданчике?
2. Каков механизм токсического действия метанола на все основные системы организма человека, включая центральную нервную систему, сосудистую систему, почки, печень и т.д.? Сам ли метанол является наиболее активным ядом или продукт его окисления с участием фермента алкогольдегидрогеназы (АДГ), содержащейся в основном в печени и в клетках ЦНС? Напишите уравнение реакции. Какой кофермент принимает участие в этой реакции?
3. В чём заключается биохимический механизм *cito* действия «антидота» при отравлении метанолом? Напишите уравнения реакций.

11-й класс

Задача 1.

Частным случаем электролиза является гальваностегия, смысл которой заключается в покрытии металлических предметов слоем другого металла. Особое техническое значение при этом имеют электролитические покрытия трудноокисляемыми металлами, в частности никелирование и хромирование, часто применяемые для предохранения металлов от коррозии.

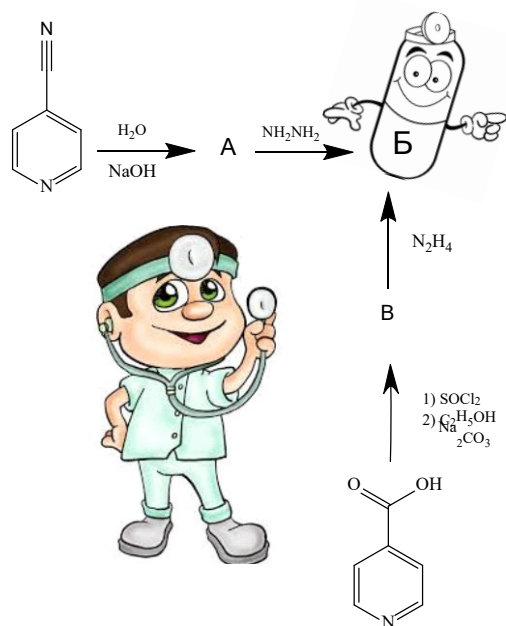
Для процесса гальваностегии 60 г шестиводного сульфата никеля растворили в 1400 мл воды. Через электрическую цепь, в которую была включена ванна для электролиза с раствором, пропустили $4 \cdot 10^{22}$ электронов.

- А) рассчитайте массовую долю сульфата никеля в исходном растворе;
- Б) приведите уравнения реакций, протекающих на электродах, а также суммарной химической реакции; какая побочная реакция может протекать при электролизе?
- В) рассчитайте массу выделившегося никеля. Считать процесс разрядки никеля на катоде количественным;
- Г) как изменилась массовая доля соли в конечном растворе?

Задача 2.

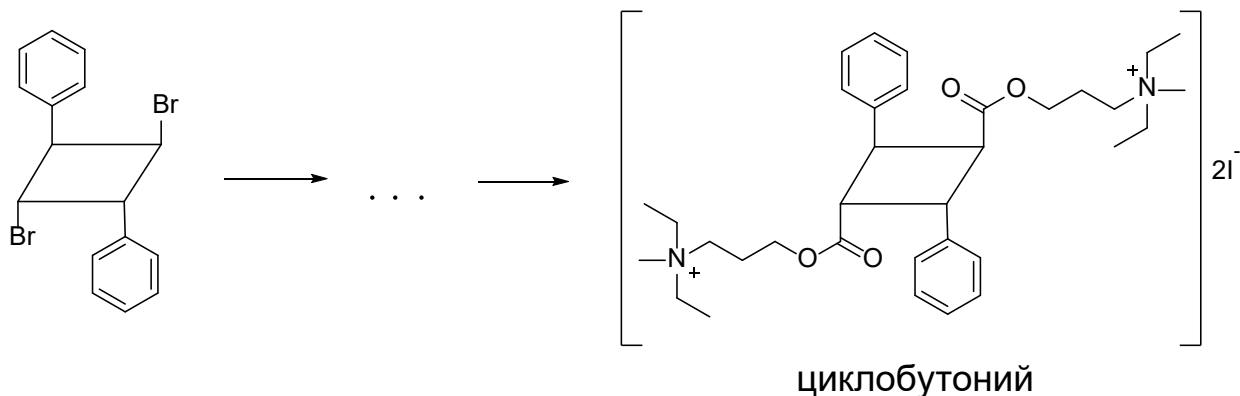
Лекарственный препарат Изониазид (соединение **Б**) — один из самых эффективных препаратов для лечения активных форм туберкулёза, включён в перечень жизненно необходимых лекарственных средств. Стандартно его получают гидролизом 4-цианопиридина с последующей обработкой соединения **А** гидразином. Его также можно получить из изоникотиновой кислоты.

- А) приведите уравнения реакций, с помощью которых можно синтезировать препарат «Изониазид», все органические соединения назовите по международной номенклатуре;
- Б) какую массу «Изониазида» можно получить, имея 80 г 4-цианопиридина с примесью 5 % и 40 мл 35 %-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,1 г/мл), если гидразин можно израсходовать в неограниченном количестве?
- В) изобразите три возможных изомера соединения **Б** и назовите их по номенклатуре IUPAC.



Задача 3.

Предложите синтез циклобутония, который применяется для длительного расслабления мускулатуры во время хирургических операций (схема синтеза может включать в себя несколько стадий):

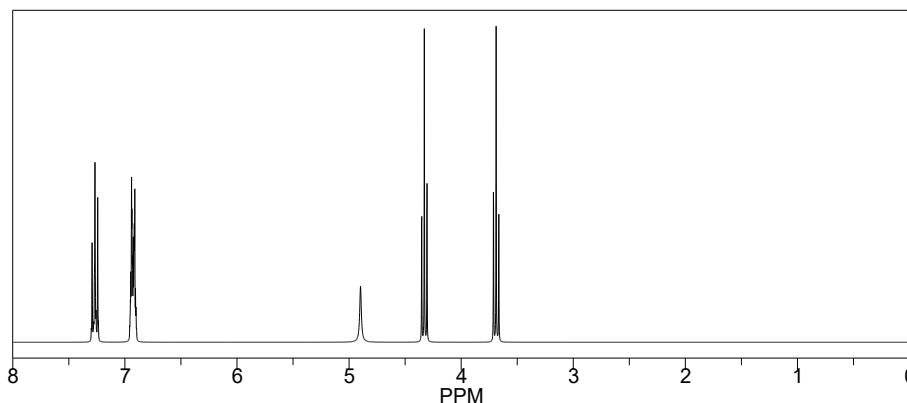


Задача 4.

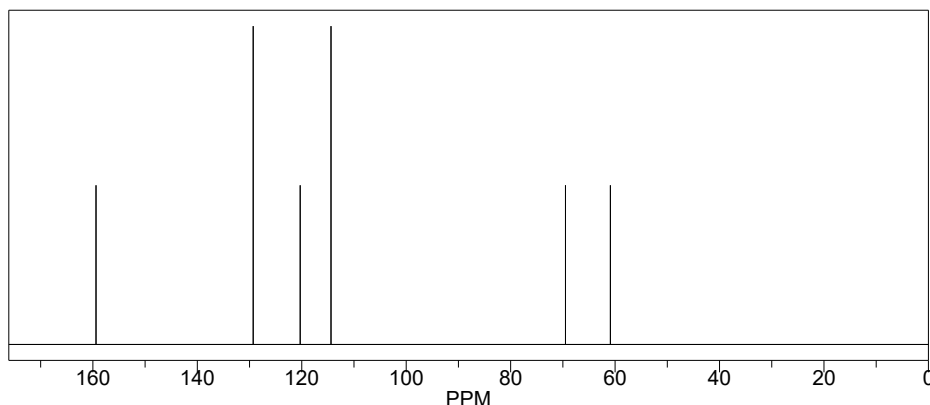
После внезапной кончины известного коллекционера произведений искусств его поверенный разобрал документы и обнаружил два завещания, составленных рукописным способом. Неожиданно оказалось, что один документ был повреждён — была размыта дата на одном из завещаний. Для того, чтобы установить, какое из завещаний было составлено позднее, документы были отправлены в лабораторию судебной экспертизы. Сотрудник лаборатории использовал метод газовой хромато-масс-спектрометрии для качественного и количественного анализа вещества X, которое входит в состав паст шариковых ручек. Испарение вещества X происходит в течение нескольких лет с момента нанесения штрихов, и относительное содержание

вещества **X** в пасте может служить объективной характеристикой возраста штрихов в документе. Таким образом, в результате проведённых анализов, сотруднику лаборатории удалось установить, какое завещание было написано позднее. Установите структурную формулу вещества **X**, пользуясь данными спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C . Также известно, что в масс-спектре идентифицируется молекулярный ион вещества **X** — m/z 138,1.

Спектр ЯМР ^1H :

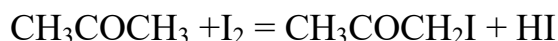


Спектр ЯМР ^{13}C :



Задача 5.

Реакция взаимодействия ацетона с иодом описывается уравнением:



Она является автокаталитической (катализатором является иодоводородная кислота HI, которая образуется в ходе протекания данного процесса).

Скорость реакции определяется следующим уравнением:

$$r = k \cdot [\text{CH}_3\text{COCH}_3][\text{I}_2][\text{HI}]$$

Для реакции взято 2 моль ацетона и 3 моль иода. Сколько непрореагировавшего иода останется в реакционной смеси в момент, когда скорость реакции максимальна?

Заключительный этап

8-й класс

Задача 1.

В период правления Наполеона Бонапарта большой модой пользовался изумрудный цвет на основе пигмента «Парижская зелень». Под действием плесневых грибков происходит металлирование одного из элементов, входящего в состав этого пигмента. При действии серной кислоты на пигмент получают раствор синего цвета и наблюдают выпадение осадка. Осадок вступает в реакции с водородом с образованием газообразного соединения, имеющего характерный запах. Массовые доли элементов в пигменте $C_xH_yO_zY_wX_q$ следующие: C = 4,7 %, H = 0,59 %, O = 31,5 %, Y = 25,0 %, X = 38,21 % (X — неметалл, Y — металл). Известно, что пигмент представляет собой смесь двух солей металла Y. С элементом X связана токсичность из-за его биотрансформации в газ CH_3XH_2 , в котором массовая доля X = 81,5 %. Известно, что водные растворы солей металла Y имеют голубой цвет. Один из оксидов металла Y имеет красный цвет и состав YO с массовой долей металла 79,9 %. Назовите элементы X и Y и установите молекулярную формулу пигмента.

Задача 2.

В многоэтажном жилом доме-атоме живут электроны. Если считать, что каждый этаж соответствует главному квантовому числу, то какое максимальное число электронов может жить в 2-, 3- и 6-этажных домах? Будем рассматривать протоны в ядре дома-атома парковочными местами для транспортных средств электронов. При этом, очень важно, чтобы парковочных мест было ровно столько, сколько живёт электронов. Атомам каких элементов соответствуют эти дома? В таком доме на разных этажах существуют 1-, 3-, 5- и 7-комнатные квартиры. Почему нет квартир с чётным количеством комнат?

Задача 3.

При растворении металла в 300 мл 10 % соляной кислоты с плотностью 1,1 г/мл выделилось 6,72 л водорода (н. у.) и образовалось 35,25 г хлорида металла. Какой металл вступил в реакцию? Определить массовые доли веществ в образовавшемся растворе.

Задача 4.

Имеются две смеси одних и тех же газов, один из которых является простым веществом. В каждой смеси объёмная доля одного из газов равна 0,2, при этом

плотность первой смеси по водороду равна 28,8, а второй 19,2. Какие газы образовали эти смеси? Какой объём и какого из этих двух газов нужно добавить к 1 л второй газовой смеси, чтобы ее плотность оказалась равной первой? Могут ли эти два газа реагировать друг с другом? Если да, напишите уравнение реакции.

Задача 5.

В начале XVIII века как отдельная отрасль фармацевтики сложилась наука под названием «гомеопатия». Адепты этого учения считали, что «подобное излечивается подобным» и что использование сильно разведённых растворов ядовитых веществ приводит к ослаблению симптомов, вызываемых более концентрированными веществами. На сегодняшний день научное сообщество считает гомеопатию псевдонаукой и формой мошенничества, что, однако, не мешает гомеопатическим препаратам иметь коммерческий успех.

Одним из методов гомеопатии является метод кратных разбавлений или метод «потенцирования». При этом методе насыщенный раствор вещества многократно разделяется и разводится чистой водой до изначального объёма.

Одним из методов разведения в гомеопатии является сотенное разведение, обозначаемое римской цифрой С. При этом исходный насыщенный раствор разделяется на 100 частей и объём каждой части доводится чистой водой до исходного. О полученном таким образом растворе говорят, что его степень разведения составляет 1С. Если данная операция была проведена дважды, то говорят, что степень разведения составляет 2С, если трижды — 3С и так далее. На практике применяются препараты со степенью разведения вплоть до 200С. Например, для приготовления раствора никотиновой кислоты ($C_6H_5O_2N$) с разведением 10С необходимо десять раз провести сотенное разведение насыщенного раствора никотиновой кислоты, содержащего 17,7г никотиновой кислоты в одном литре раствора (плотность данного раствора примите за 1г/мл). Если повторить сотенное разведение ещё дважды, то получится раствор с разведением 12С.

1. Рассчитайте, сколько молекул никотиновой кислоты содержится в 1л насыщенного раствора, раствора с разведением 10С и раствора с разведением 12С.
2. Современная наука считает, что раствор с разведением 10С не будет обладать постоянным составом, а раствор с разбавлением 12С не может существовать вовсе. Объясните, почему.

9-й класс

Задача 1.

В аналитическую лабораторию для идентификации состава поступила жидкость, используемая в качестве растворителя для удаления белых лакокрасочных покрытий. Жидкость не имеет цвета, обладает резким раздражающим запахом, неограниченно растворима в воде.

Для идентификации состава жидкости провели следующие анализы:

- При кипячении на водяной бане жидкость испарилась полностью.
- 10,0 мл жидкости разбавили до объёма 1000 мл дистиллированной водой, перемешали, отобрали 25,0 мл разбавленного раствора анализируемой жидкости, добавили 1 каплю спиртового раствора фенолфталеина и по каплям добавляли 0,40%-ный водный раствор едкого натра (плотность 1,0 г/см³) при постоянном перемешивании. Раствор приобрёл малиновую окраску только после добавления 10,0 мл раствора едкого натра.
- Отобрали 20,0 мл разбавленного раствора анализируемой жидкости, добавили 20 мл раствора нитрата серебра с концентрацией 0,1 моль/л. После образования белого творожистого осадка добавили в стакан 0,1 мл 1%-ного водного раствора нитрата железа(III) и начали добавлять по каплям раствор роданида аммония с концентрацией 0,1 моль/л с постоянным перемешиванием. Раствор над белым осадком приобрёл устойчивую ярко-красную окраску только после добавления 12,0 мл раствора роданида аммония.

Вопросы:

1. Сделайте предположение о составе жидкости. Ответ подтвердите расчётами.
2. Зачем в последнем опыте в раствор добавляют незначительное количество нитрата железа(III)?
3. Возможно ли использование других солей железа(III) в данном эксперименте? Ответ поясните.
4. Какие типы белил могут быть удалены данной жидкостью?

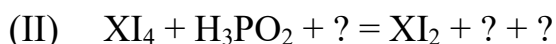
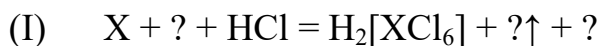
Задача 2.

Два химика отдыхали в промежутке между работой в лаборатории. В качестве развлечения они выбрали игру «Морской бой», однако это был не классический вариант. В качестве игрового поля была выбрана Периодическая система химических элементов, а именно её «длинная форма», содержащая 18 групп. После отважной схватки у химика Василия остался один трёхпалубный корабль, а у химика Петра — один двухпалубный. Мерой палубы является одна ячейка химического элемента. Выстрелом является выбор элемента,

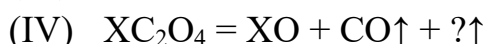
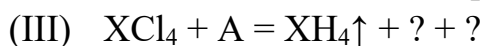
который определяется, исходя из сказанной информации соперником. Ваша задача установить из каких элементов состоят оставшиеся целыми корабли из флотов Василия и Петра, зная следующую информацию:

Трёхпалубный корабль состоит из элементов, которые образуют триаду.

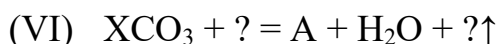
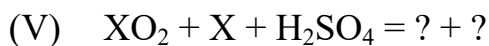
Первый элемент используется как проводник в электронике, также применяется в оптике. Реакции (I) и (II) протекают с участием этого элемента.



Второй элемент имеет четыре аллотропные модификации, может «болеть человеческой болезнью». Определить его помогут следующие реакции:

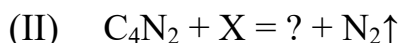
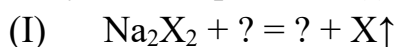


Третий элемент используется в производстве аккумуляторов (V), а в древности его соль использовалась как подсластитель (вещество A в VI):



Двухпалубный корабль представлен следующими элементами:

Первый существует в двух аллотропных модификациях. Одну можно получить по реакции (I), а другую по (II).



Первый элемент сверхжидкий, входит в состав сверхкислот (III), а ещё и необычно может реагировать с водой (IV).

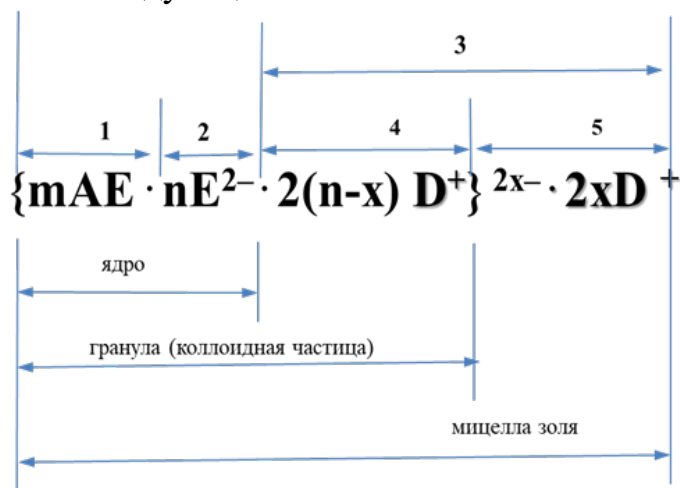


Задача 3.

Металл, который встречается в природе в самородном виде, может быть извлечён из руды несколькими методами. При обработке руды хлором при 300 °С образуется соединение **1**. При растворении соединения **1** в соляной кислоте образуется комплексное соединение **2**. При восстановлении соединения **2** муравьиной кислотой в присутствии Na_2CO_3 выделяется металл в виде коллоидного раствора, который имеет красный цвет. Напишите уравнение реакций для этого металла и формулу мицеллы коллоидного раствора.

Примечание. Коллоидные растворы состоят из дисперсной фазы и дисперсионной среды. Структурная единица коллоидного раствора называется мицеллой. Мицелла — электронейтральная частица, состоящая из заряженного ядра, представляющего собой микрокристалл нерастворимого вещества (агрегат), поверхность которого достраивают ионы из окружающей

среды, уже входящие в состав микрокристалла и находящиеся в избытке. К заряженной поверхности ядра электростатически притягиваются ионы противоположного знака, образующие два слоя, один из которых закрепляется на поверхности агрегата и движется вместе с ним, второй слой является частью дисперсионной среды. Ядро вместе с первым слоем противоположных ионов называется гранулой. Таким образом, дисперсная фаза состоит из совокупности гранул. Строение мицеллы вещества АЕ в коллоидном растворе, полученном в результате взаимодействия гипотетических веществ АВ₂ и D₂Е, взятого в избытке, описывается следующей схемой:



где **1** — микрокристалл нерастворимого вещества (агрегат); **2** — ионы, достраивающие кристаллическую решётку микрокристалла; **3** — противоположные ионы: движущиеся вместе с гранулой (**4**), и ионы, являющиеся частью дисперсионной среды (**5**).

Задача 4.

Благородный металл растворяется в «царской водке». Добавлением раствора калия хлорида осаждают жёлтое вещество. При восстановлении осадка сульфатом гидразина из раствора могут быть выделены кристаллы тёмно-красного цвета, хорошо растворимые в воде (X). В соединении X массовая доля галогена составляет 34,2%. При добавлении к раствору этого соединения аммиака (без избытка) получается осадок жёлтого цвета (X₁). Если к раствору вещества X добавить избыток аммиака, образуется бесцветный раствор (Y), из которого добавлением хлорида калия выделяется вещество Y₁. Вещества X₁ и Y₁ являются изомерами. Что это за вещества, если известно, что только одно из них проявляет противоопухолевые свойства за счёт координации продукта его гидролиза к молекуле ДНК? Напишите формулы всех зашифрованных веществ.

Задача 5.

Обычно простое вещество элемента (**A**), являющегося ответом на «Самый Главный Вопрос Жизни, Вселенной и Вообще»¹, получают следующим образом.

Минерал серого цвета (**B**), содержащий 60 % элемента **A** по массе, являющийся бинарным веществом и обладающий металлическим блеском, обжигают. При этом образуется остаток светло-жёлтого цвета (**B**), содержащий 66,7 % элемента **A** по массе, и одно газообразное вещество. Полученные остаток **B** прокаливают в токе водорода и в твёрдом остатке остаётся простое вещество **A**.

Элемент **A** может образовывать несколько различных хлоридов. При нагревании порошка вещества **A** с газообразным хлором образуется хлорид **Г**. При прокаливании хлорида **Г** в токе водорода при температуре 250 °С образуется другой хлорид **Д**. При нагревании хлорид **Д** разлагается на хлориды **Е** и **Ж**. Хлорид **Е** так же можно получить при взаимодействии простого вещества **A** с фосгеном, а хлорид **Ж** — спеканием хлоридов **Г** и **Д**. Содержание элемента **A** в хлоридах **Г**, **Д**, **Е** и **Ж** составляет 35,1%, 47,4%, 57,5% и 40,3%, соответственно.

1. Запишите формулы веществ **A**, **B**, **В**, **Г**, **Д**, **Е** и **Ж**. Докажите свои выводы расчётами.
2. Укажите название минерала **B**.
3. Запишите все уравнения реакций, описанные в задаче.
4. При прокаливании вещества **Г** в токе водорода при более высоких температурах реакция может протекать иначе. Запишите уравнение данной реакции.
5. Простое вещество **A** находит применение в промышленности. В какой области и какова его роль?
6. Запишите формулу хлорида **Е**, учитывающую его строение.

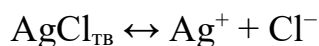
¹ цитата из книги Дугласа Адамса «Автостопом по Галактике».

10-й класс

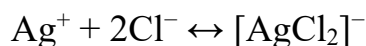
Задача 1.

В результате аварии на заводе, перерабатывающем серебряные руды, в соляной пруд попало 200 литров сточных вод, представляющих из себя 10 % раствор нитрата серебра в 30 % азотной кислоте (плотность 1200 кг/м^3). Соляной пруд имеет круглую форму с диаметром 100 метров и глубину около двух метров. Среди растворимых солей в пруду доминирует хлорид натрия, содержание которого составляет около 180 г/л, а плотность воды в пруду составляет 1140 кг/м^3 . Определите концентрацию растворимых соединений серебра в пруду после аварии, если произведение растворимости $\text{PP}(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$, а полная константа устойчивости комплекса $[\text{AgCl}_2]^-$ составляет $\beta([\text{AgCl}_2]^-) = 4,35 \cdot 10^5$. Будет ли превышен ПДК серебра, составляющий $0,05 \text{ мг/дм}^3$? Какая масса хлорида серебра выпадет на дно пруда?

Примечание. Произведением растворимости хлорида серебра является константой равновесия процесса:



Полная константа устойчивости комплекса $[\text{AgCl}_2]^-$ является константой равновесия процесса:



Задача 2.

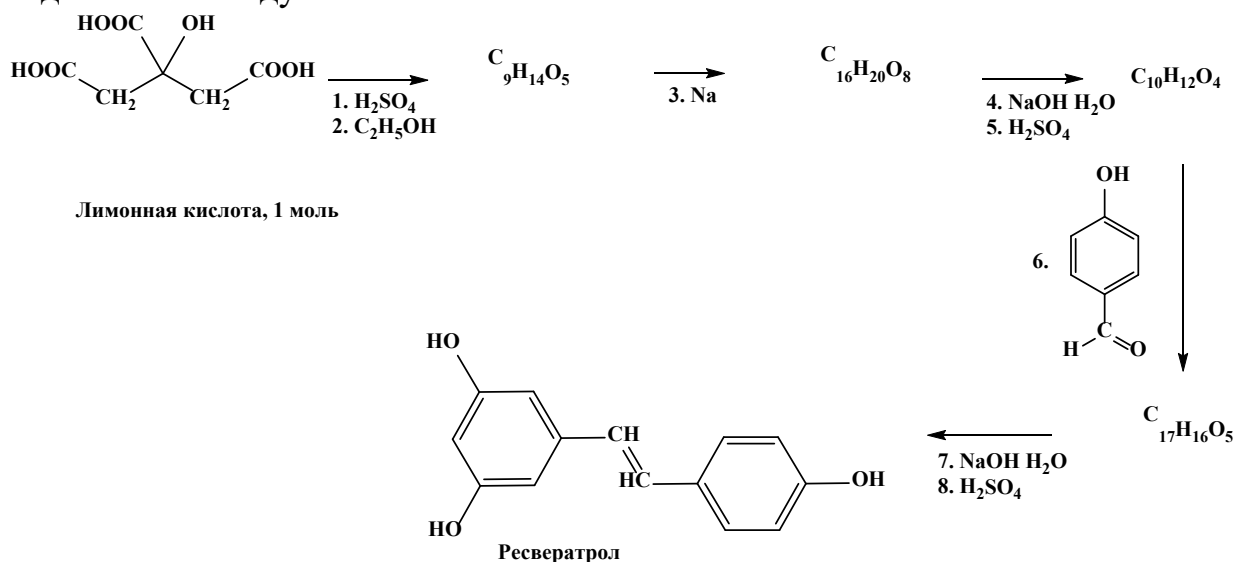
Однажды на гостевом приёме, стилизованном под XIX век, у зажиточного владельца банка присутствовало большое количество людей. Он давал интервью, фотографировался и общался с приглашёнными гостями. В один момент ему это наскучило, и он решил в свойственной ему манере злорадно подшутить над гостями: «Я отдам всё своё состояние тому, кто синтезирует мне (немного подумав, сказал наобум) тринитрил тримезиновой кислоты (бензол-1,3,5-трикарбонитрил) из любого исходного материала, который можно взять в данной комнате». Однако он не учёл, что среди приглашённых был химик, который принял вызов, к тому же гости стали свидетелями данного заявления. Он начал осматривать комнату, в которой было всё довольно скромно: деревянные стулья и столы, кувшины с водой и стаканы. В целом, ничего особенного, но взгляд химика приковал старинный фотоаппарат, работающий с применением магниевой вспышки. Согласно условию, химик мог использовать исходное вещество из комнаты, что он и сделал, продолжив синтез у себя в лаборатории, которая располагала большим количеством разнообразных органических веществ и оборудования для проведения синтеза. Напишите схему синтеза, который помог химику стать преемником состояния избалованного и зажиточного банкира.

Задача 3.

Одним из способов переработки пластиков, таких как полиэтилен и полиэтилентерефталат, является гидротермальный пиролиз. Продукты данного процесса аналогичны процессу реакции метана с водой. Использование продуктов пиролиза в реакции, катализируемой карбонилами металлов, позволяет получать углеводороды. Переходный металл, входящий в состав карбонила, образует координационные соединения со степенью окисления +2. Известно, что катион металла реагирует с нитритом калия в кислой среде с образованием осадка жёлтого цвета, при реакции с роданид-анионом происходит переход розовой окраски раствора в синюю. Предложите формулу карбонила этого переходного металла и его возможную структурную формулу если известна массовая доля металла в карбониле 34,47%, а также реакции, позволяющие установить название данного металла. Углеводороды соответствуют фракционному составу бензина. Напишите реакции процесса пиролиза и синтеза углеводородов. Объясните катализ карбонилом переходного металла. Учтите образование π -комплекса с одним из продуктов пиролиза.

Задача 4.

Один из самых мощных антиоксидантов — ресвератрол — можно получить из лимонной кислоты путём восьмистадийного синтеза, при этом некоторые стадии синтеза окажутся реакциями декарбоксилирования. Запишите структурные формулы промежуточных продуктов в синтезе ресвератрола. Рассчитайте, какое количество вещества (моль) ресвератрола будет получено, если в реакцию будет введён 1 моль лимонной кислоты, а выход реакции на каждой стадии синтеза составит 80 %. Рассчитайте, какой объём и каких газов выделится по ходу синтеза.



Задача 5.

В реакторе находится смесь двух газов — 3 моль пропена и 1 моль бутана при 500 К и 1 атм — близких по свойствам к идеальному газу. Одновременно протекают две реакции (алкилирования и димеризации):



Константы равновесия этих реакций при 500 К и 1 атм равны соответственно: $K_1^p = 34,50$; $K_2^p = 7,19$ ($[p] = 1$ атм). Каков будет выход продуктов (C_7H_{16} и C_6H_{12})?

Примечание. Для отражения полноты протекания реакции используется величина, называемая химической переменной (ξ):

$$\xi = \frac{n_i - n_i^0}{\nu_i},$$

где n_i — количество i -ого реагента в определённый момент реакции, n_i^0 — исходное количество вещества i -ого реагента, ν_i — стехиометрический коэффициент.

11-й класс

Задача 1.

Органическое соединение **A**, представляющее собой сильное основание, относится к группе органических веществ, которые в настоящее время получили широкое применение для фотолитографии кремниевых пластин — основ микросхем и печатных плат.

Получение соединения **A** производится в 2 стадии: из легколетучего моноклорпроизводного алкана **B**, содержащего 70,3 % хлора по массе, при взаимодействии с аммиаком получают кристаллическое при обычных условиях вещество **C**, содержащее 32,4% хлора. Вещество **C** можно превратить в вещество **A** следующими способами:

- Взаимодействием **C** и гидроксида калия, растворенного в абсолютном (не содержащем воды) метаноле. Способ характеризуется очень низкой эффективностью, не позволяет получить раствор **A** с высокой концентрацией, для концентрирования продукта реакции значительную часть метанола приходится упаривать.
- Взаимодействием **C** с влажной окисью серебра с последующим растворением продукта реакции в воде и кристаллизацией из водного раствора вещества **C** в виде 5-водного кристаллогидрата.
- Электролизом водного или водно-спиртового раствора **C** в присутствии избытка сильных оснований (KOH, NaOH).

Вопросы:

1. Определите формулы веществ **A–C**, составьте уравнения всех упомянутых реакций.
2. Какие побочные продукты образуются при синтезе **C** из **B**? Каким образом можно увеличить выход и чистоту целевого продукта **C**?
3. Чем обусловлены сильные основные свойства вещества **A**? Мотивируйте ответ с помощью теории химического строения.
4. Объясните причину низкой эффективности синтеза **A** по первой описанной схеме.

Задача 2.

Азотсодержащие вещества **X** и **Y**, легко превращающиеся друг в друга, имеют весьма широкую область применения: в металлургии — для извлечения благородных металлов из руд; в органической химии — в различных синтетических процессах, в том числе для синтеза ряда полимеров.

Лабораторный способ получения **X** включает сплавление жёлтой кровяной соли с поташом. Из охлаждённого плава **X** извлекают спиртовой или водной перекристаллизацией, однако первый способ является более

предпочтительным по причине получения более чистого вещества, а также исходя из соображений техники безопасности. Превращение **X** в **Y** проводят обработкой вещества **X** водным раствором купоросного масла, обратная реакция проводится с помощью едкого кали.

Для получения катализатора специфической органической реакции используется следующий процесс: к водному раствору медного купороса добавляется вещество **X**, в результате чего цвет раствора меняется с синего на зелёный. После этого через раствор пропускается сернистый газ, в ходе процесса раствор постепенно обесцвечивается с одновременным выпадением белого осадка **Z**, который и является катализатором органической реакции.

Проведение каталитического процесса органического синтеза с использованием **X** и **Z** включает две стадии (описано на примере анилина):

- Анилин обрабатывают смесью нитрита натрия и соляной кислоты при охлаждении до 0 °С, реакция приводит к образованию промежуточного реакционноспособного соединения **A** ионной природы.
- Обработка соединения **A** смесью **X** и **Z** при температуре 60–70 °С, результатом которой является органическое соединение **B**.

Справочные данные по содержанию азота в указанных в задаче веществах: **X** — 21,5 %; **Y** — 51,9 %; **Z** — 15,6 %; **A** — 19,9 %; **B** — 13,6 %.

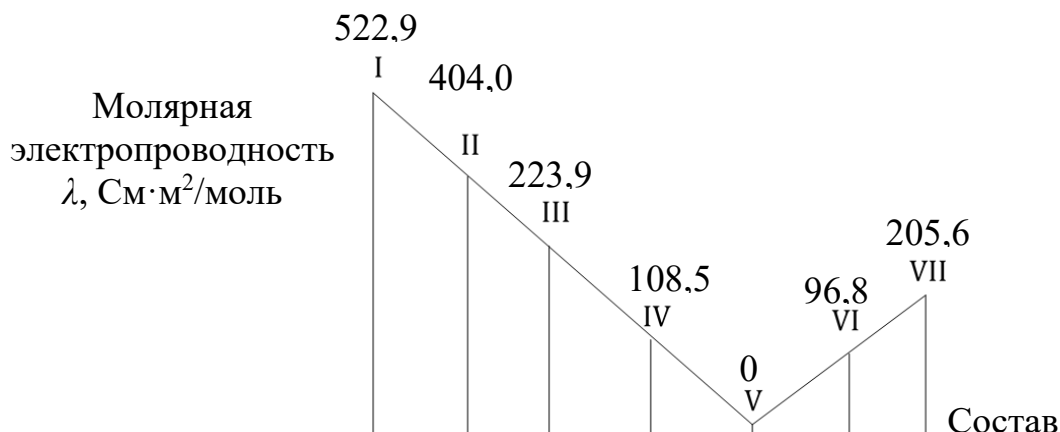
Вопросы:

1. Установите формулы соединений **X–Z**, **A**, **B**, напишите уравнения описанных в тексте задачи реакций.
2. Почему при извлечении **X** из плава предпочтительнее использовать спиртовую перекристаллизацию? Какие примеси будут присутствовать в продукт перекристаллизации при использовании воды в качестве растворителя? Почему важную роль в данном процессе имеют соображения техники безопасности?
3. Чем обусловлено изменение окраски раствора медного купороса при добавлении **X**? Приведите уравнение реакции
4. Описанная в задаче схема органического синтеза является именной. Укажите её автора.
5. В тексте задачи указано, что вещество **X** может быть использовано для извлечения драгоценных металлов из руд. Приведите примеры реакций, иллюстрирующие химическую сущность технологического процесса извлечения драгметалла из руды на примере серебра.

Задача 3.

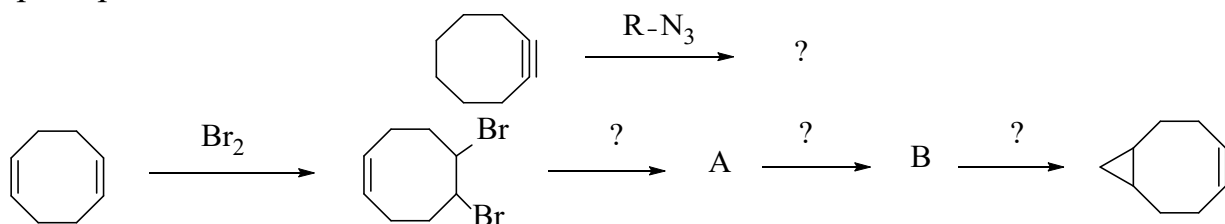
Ряд соединений, отвечающих общей формуле $K_xPt(NH_3)_yCl_z$, где $x = 0–2$, $y = 0–6$, $z = 4–6$, имеют следующую зависимость молярной электропроводности от

состава соли. Постройте этот ряд и объясните данные опыта. Для каких веществ есть геометрические изомеры? Приведите примеры пространственных структур.



Задача 4.

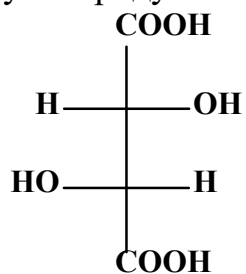
В 2022 году Нобелевскую премию по химии получили Каролин Бертоцци, Барри Шарплесс и Мортен Мельдаль. Ключевая реакция, за которую присуждена премия, это реакция присоединения органических азидов к алкинам с образованием соответствующих триазолов (пятичленный гетероцикл с тремя атомами азота). Прорыв в данной области связан с использованием Каролин Бертоцци циклооктина. Напишите реакцию присоединения метилазида к циклооктину, а также предложите синтез бицикло[6.1.0]нон-4-ина из циклоокта-1,4-диена с использованием реакции бромирования.



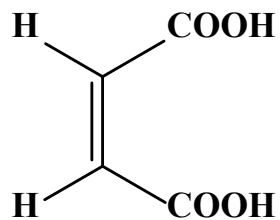
Задача 5.

Одному химику в XIX веке срочно понадобилась винная кислота. Винного камня (смесь тартрата и гидротартрата калия), чтобы обработать его минеральной кислотой и получить винную кислоту с температурой плавления 170 °С, у него не нашлось, но нашлись малеиновая и фумаровая кислоты. При окислении малеиновой кислоты водным раствором перманганата калия, химик получил вещество с температурой плавления 140 °С, а при окислении водным раствором перманганата калия фумаровой кислоты — вещество с температурой плавления 205 °С. Оба вещества по своему элементному составу

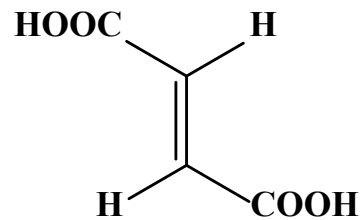
соответствовали винной кислоте качественно и количественно. Какие вещества получил химик? Запишите уравнения реакций и структурные формулы продуктов.



D-винная кислота



Малеиновая кислота



Фумаровая кислота

РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Отборочный этап

8-й класс

Задача 1 (20 баллов).

Летучее вещество с относительной плотностью 15 по водороду это монооксид азота (5 баллов), вещество Б — это диоксид азота (5 баллов).



Задача 2 (20 баллов).

1) 1 моль воды имеет массу 18 граммов. В этом количестве содержится $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул. Составляем пропорцию:

18 г содержат $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул

0.2 г содержат X молекул

$$X = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,2}{18} = 6,69 \cdot 10^{21} \quad (10 \text{ баллов})$$

2) 22,4 л содержат $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов гелия

5 л — X атомов гелия

$$X = 1,34 \cdot 10^{23} \text{ атомов гелия} \quad (5 \text{ баллов})$$

3) 28 г азота занимают 22.4 л

6 граммов — X литров

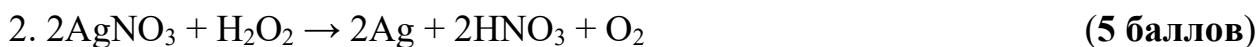
$$X = 4,8 \text{ л} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача 3 (20 баллов).

Первое вещество — I_2 (1 балл)

Второе вещество — H_2O_2 (1 балл)

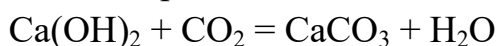
Третье вещество — AgNO_3 (1 балл)



Азотная кислота. (2 балла)

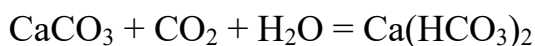
Задача 4 (20 баллов).

• При растворении CO_2 в известковой воде сначала масса раствора уменьшается: поглощение CO_2 с избытком компенсируется выпадением в осадок карбоната кальция:



На 1 моль CO_2 : $\Delta m_1 = +M(\text{CO}_2) - M(\text{CaCO}_3) = 44 - 100 = -56 \text{ г/моль}$ (5 баллов)

• После того, как весь гидроксид кальция прореагировал, начинается растворение суспензии карбоната кальция:



На 1 моль CO_2 : $\Delta m_2 = + M(\text{CaCO}_3) = +100$ г/моль **(5 баллов)**

• Очевидно, чтобы массы раствора до и после пропускания углекислого газа стали равны, раствориться должна лишь часть образовавшегося карбоната кальция: если исходное количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ было равно X моль, то до достижения исходной массы раствора на втором этапе процесса должно раствориться только 0,56X моль образовавшегося на первом этапе карбоната кальция. **(5 баллов)**

• Таким образом, общее количество CO_2 , пропущенное через раствор = X + 0,56X

Пример расчёта концентраций:

Для удобства расчёта можно взять любой объем или количество раствора известковой воды или CO_2 . Для 1 л раствора (1000 г) =>

$$n(\text{CO}_2) = 1 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль (н. у.)} = 0,0446 \text{ моль}$$

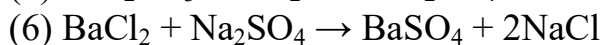
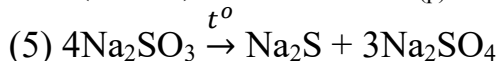
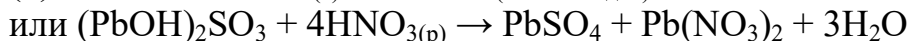
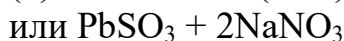
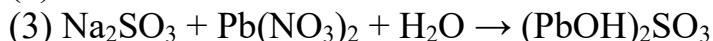
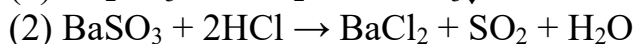
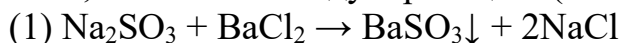
$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,0446 \text{ моль} / 1,56 = 0,0286 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,0286 \cdot 74 = 2,12 \text{ г}; \omega(\text{Ca}(\text{OH})_2)_{\text{исх}} = 0,212 \%$$

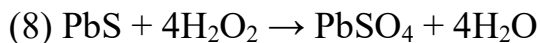
$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 0,0286 \cdot 0,56 \cdot 162 = 2,59 \text{ г}; \omega(\text{Ca}(\text{OH})_2)_{\text{кон.}} = 0,259 \% \quad \textbf{(5 баллов)}$$

Задача 5 (20 баллов).

По **2,5 балла** за каждую реакцию (всего **20 баллов**).



$\underbrace{\text{черный} + \text{белый}}_{\text{серый}}$



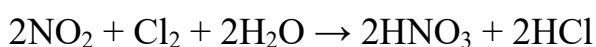
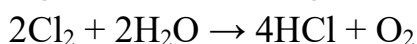
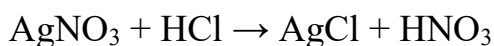
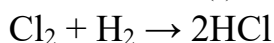
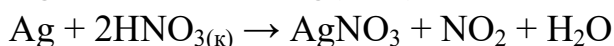
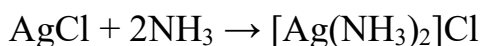
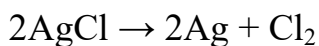
9-й класс

Задача 1 (20 баллов).

По **1,6 балла** за каждое вещество **А–З** (всего **13 баллов**)

А — AgCl, **Б** — Ag, **В** — Cl₂, **Г** — HNO₃, **Д** — AgNO₃, **Е** — NO₂, **Ж** — HCl, **З** — NH₃.

По **1 баллу** за каждую реакцию (всего **7 баллов**):

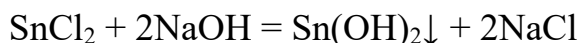
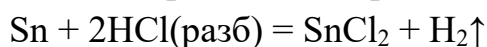


Задача 2 (20 баллов).

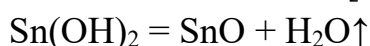
Масса шлема 5 кг. Находим массу олова: $5.7 \cdot 263.16 = 1500$ г. $1500/5000 = 0.3$; $0.3 \cdot 100\% = 30\%$. Следовательно состав бронзы 30% Sn и 70% Cu (4 балла)

По **4 балла** за каждую стадию (всего **16 баллов**).

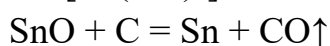
Cu + HCl(разб) — не протекает



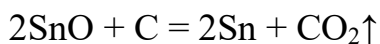
или



или



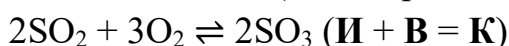
или



Задача 3 (20 баллов).

А — кислород; **Б** — сера; **В** — O₂; **Г** — O₃; **Д, Е, Ж** — сера ромбическая, моноклинная и пластическая. (1 балл)

По **2 балла** за каждую реакцию (всего **12 баллов**)



$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (**Н** — олеум); $w(\text{O}) = 16 \cdot 7 / 178 = 0.63$ (63 %)

В) $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + \text{Q}$ (**И + В = К**)

Смещение химического равновесия в сторону образования серного газа:

Увеличение давления, увеличение концентрации SO_2 и O_2 , выведение из реакции SO_3 , охлаждение реакции. (3 балла)

Г) $2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ (**В → К**)

$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ (**К → М**)

$n(\text{S}) = m / M = 30 / 32 = 0,9375$ моль, $n(\text{теор. SO}_3) = 0,9375$ моль.

$n(\text{практ. SO}_3) = 0,9375 \cdot 0,75 = 0,7$ моль. $n(\text{теор. H}_2\text{SO}_4) = 0,7$ моль, $m(\text{практ. H}_2\text{SO}_4) = 0,7 \cdot 0,75 \cdot 98 = 51,45$ г.

$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = m/m(\text{p-ра}) = 51,45 / (200 + 51,45) \cdot 100 \% = 20.46 \%$ (4 балла)

Задача 4 (20 баллов).

Одна молекула ДНК содержит прямую и обратную (антипараллельную) последовательности. Соответственно, на одну молекулу ДНК отождутся праймеры на обе нити ДНК. За один цикл одна молекула ДНК удвоится и в конце первого цикла в растворе будет две молекулы ДНК, которые во втором цикле будут участвовать в качестве матрицы (материнской ДНК).

За 15 циклов одна молекула ДНК амплифицируется (умножится):

$2^{15} = 32768$ копий. (5 баллов)

В условии задачи в исходном растворе содержалось две молекулы изначальной ДНК, соответственно в конце 15-го цикла в растворе будет $32768 \cdot 2 = 65536$ копий. По условию задачи длина ПЦР-продукта (каждого фрагмента ДНК) равна 560 п.н. Суммарная длина всех амплифицированных ДНК-полимеразой фрагментов составит:

$65536 \cdot 560 = 36700160$ п. н. (5 баллов)

Известно, что ДНК-полимераза делает 1 ошибку на каждые 1000 п.н., но изначальные материнские копии ДНК (изначальные ДНК-матрицы) не были амплифицированы, содержащие последовательности без ошибок. Соответственно, количество ошибок можно посчитать следующим образом:

$(36700160 \text{ п. н.} - 560 \text{ п.н.} \cdot 2 \text{ копии}) / 1000 \text{ п. н.} = 36699$ вероятных ошибок. (10 баллов)

Задача 5 (20 баллов).

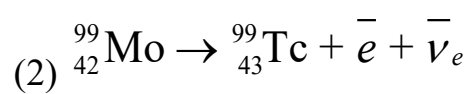
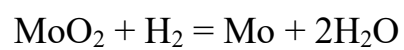
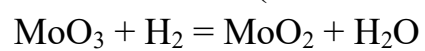
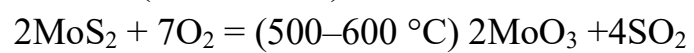
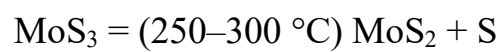
По 2 балла за каждую реакцию (всего 16 баллов)

(1) $\text{FeS}_2 + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{S}$

$\text{K}_2\text{MoO}_4 + 4\text{H}_2\text{S} = \text{MoS}_3 + \text{K}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$

$\text{MoS}_3 + \text{K}_2\text{S} = \text{K}_2\text{MoS}_4$

$\text{K}_2\text{MoS}_4 + \text{HCl} = \text{MoS}_3 + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{S}$



(4 балла)

10-й класс

Задача 1 (20 баллов).

• Первый абзац = логические рассуждения: бинарное соединение из 6 атомов, всего 18 электронов, 4 — невалентные, т.е. находятся во внутреннем электронном слое. Логично предположить, что это соединение содержит 2 атома элемента второго периода, тогда ещё 4 атома — это водород.

Четыре атома водорода принесли в структуру молекулы свои 4 электрона, следовательно, еще 14 электронов приходится на 2 атома элемента второго периода (по 7 шт. на каждый). Второй элемент в соединении А = азот.

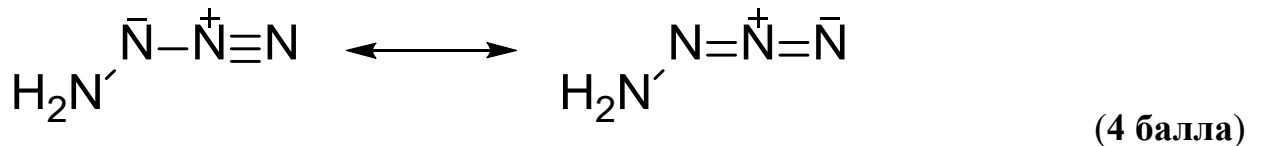
Формула А = N₂H₄, гидразин. (4 балла)

• Неподелённые пары обоих атомов азота в молекуле гидразина проявляют валентные свойства. Пример: образование при взаимодействии с минеральными кислотами солей с катионами N₂H₅⁺ и N₂H₆²⁺. Только электроны, находящиеся на 1s-подуровне атомов азота, не проявляют валентных свойств. (4 балла)

• N₂H₄ + HCl (1:1) = N₂H₅Cl Б = N₂H₅Cl, хлорид гидразиния
 N₂H₅Cl + HNO₂ = HN₃ + HCl + 2H₂O В = HN₃, азидоводород

• Pt + 6HCl + 2HN₃ = (NH₄)₂[PtCl₆] + 2N₂ (4 балла)

• Водород: валентность = 1, терминальные атомы азота => валентность = 3, центральный атом азота в азид-ионе => валентность = 4. (4 балла)



Задача 2 (20 баллов).

C₆H₆ — ароматическое кольцо. Варианты кольца с заменой CH на азот C₅H₅N, C₄H₄N₂ или C₃H₃N₃ или C₂H₂N₄.

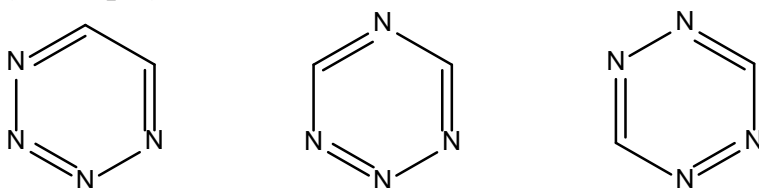
Массовая доля азота для C₅H₅N 14/79=0.18=18%

Массовая доля азота для C₄H₄N₂ 28/80=0.35=35%

Массовая доля азота для C₃H₃N₃ 42/81=0.52=52%

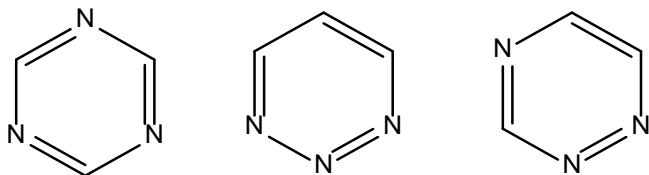
Массовая доля азота для C₂H₂N₄ = 56/82=0.68=68% (5 баллов)

Соединение 1 — 1,2,3,4-тетразин, 1,2,3,5-тетразин и 1,2,4,5-тетразин (изомеры).



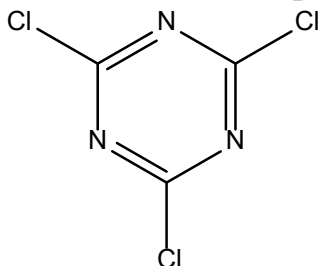
(5 баллов)

Соединение 2 — 1,3,5-триазин, 1,2,3-триазин и 1,2,4-триазин (изомеры).



(5 баллов)

Соединение 3 — трихлортриазин (цианурхлорид).



(5 баллов)

Задача 3 (20 баллов).

Все участники реакции при н. у. — газы, за исключением I_2 (кристаллы).

Выпишем стандартные термодинамические функции веществ:

Рассчитаем стандартные теплоты, энтропию и изменение свободной энергии

Гиббса реакции:

$$\Delta H_{298}^{\circ} = 52 \text{ кДж / моль}; \Delta S_{298}^{\circ} = 2 \cdot 206 - 116 - 131 = 165 \text{ Дж / моль} \cdot \text{K}; \Delta G_{298}^{\circ} = 52000 - 298 \cdot 165 = 2830 \text{ Дж / моль}$$

(5 баллов)

Рассчитаем константу равновесия:

$$K_p = \exp(-2830 / 298 \cdot 8.31) = e^{-1.14} = 0.32 \text{ отн.ед.}$$

(5 баллов)

Решим систему уравнений относительно парциальных давлений, используя закон Дальтона:

$$0.32 = P_{HI}^2 / P_{H_2}$$

$$P_{HI} + P_{H_2} = 1$$

Получаем квадратное уравнение: $P_{HI}^2 + 0.32 P_{HI} - 0.32 = 0$.

Физически корректный корень уравнения: $P_{HI} = 0.43$ а; $P_{H_2} = 0.57$ а. (5 баллов)

Согласно принципу смещения равновесия Ле Шателье — Брауна:

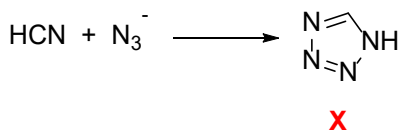
— Повышение температуры сместит равновесие к продуктам, т.к. $\Delta H_{298}^{\circ} > 0$;

— Повышение давления сместит равновесие к исходным веществам, т.к.

стандартное изменение объёма в реакции: $\Delta V_{298}^{\circ} > 0$, поскольку $\Delta \nu_{\text{газ}} = 2 - 1 = 1 > 0$

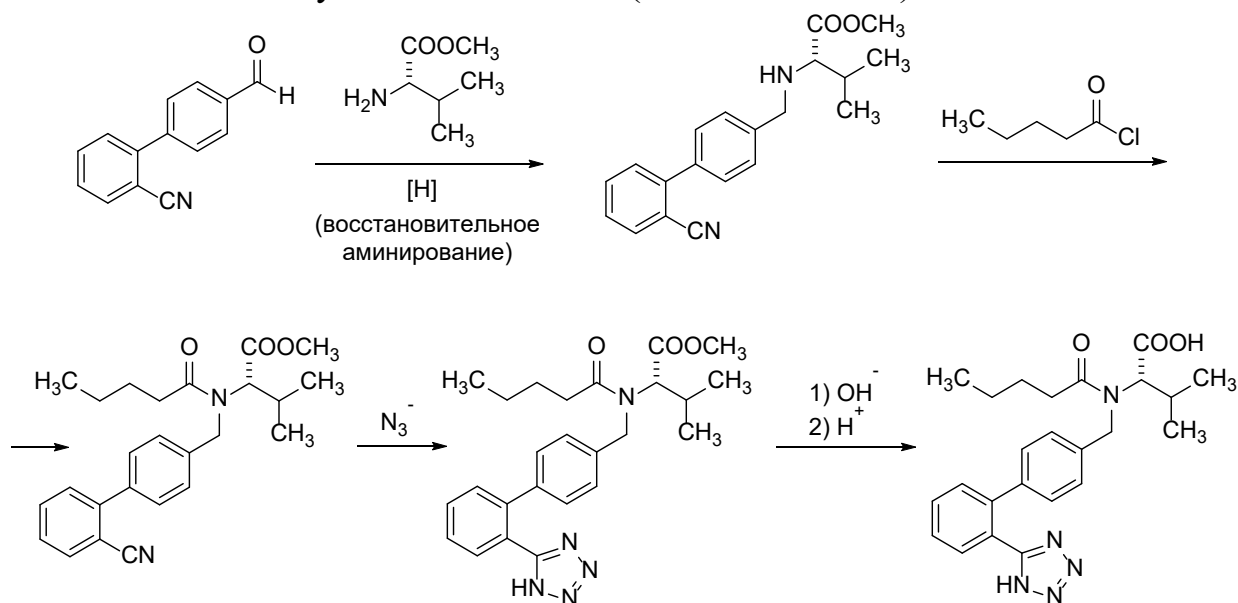
— Введение катализатора не смещает химическое равновесие. (5 баллов)

Задача 4 (20 баллов).



(4 балла)

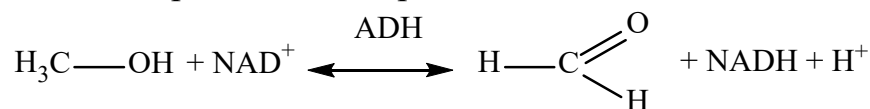
По 4 балла за каждую стадию синтеза (всего 16 баллов)



Задача 5 (20 баллов).

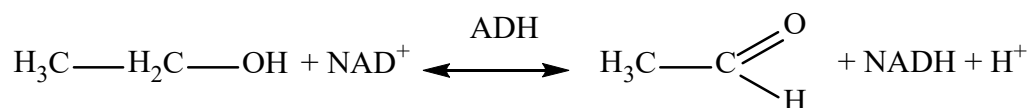
1. Антидот при отравлении метанолом, который помогает спасти пострадавшего при условии его введения в первые 1–2 часа после отравления, — это раствор разбавленного этилового спирта: при пероральном выведении — до 30 % (в 1,3 раза разбавленная водка); при внутривенном введении — 10 % раствор этанола (в 4 раза разбавленная водка). (5 баллов)

2. С участием фермента алкогольдегидрогеназы метанол окисляется до формальдегида, который, обладая очень высокой химической активностью, и оказывает основное токсическое действие на молекулярные и клеточные системы организма пострадавшего.

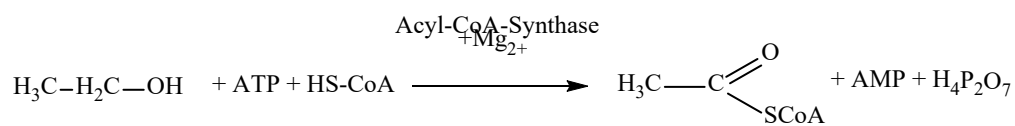
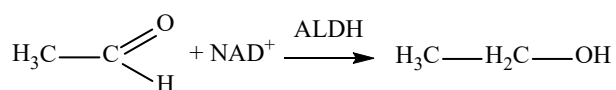
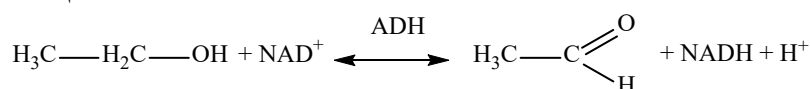


Кофермент — никотинамидадениндинуклеотид — НАД. (5 баллов)

3. Биохимический механизм действия «антидота» при отравлении метанолом — этанола заключается в том, что молекула этанола, обладая относительно неполярной CH_3 -группой, вытесняет метанол из активного центра НАД, прочнее связывается с этим ферментом и поэтому не даёт метанолу окисляться до формальдегида. Окисление же этанола с участием НАД приводит к образованию ацетальдегида, который, обладая меньшей химической активностью по сравнению с формальдегидом, не оказывает такого токсического эффекта.



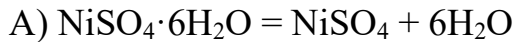
Кроме того, образующийся ацетальдегид окисляется далее с участием фермента альдегиддегидрогеназы (ALDH) до ацетата, который затем, вступая в реакцию с коэнзимом-А (HS-CoA) при участии фермента ацил-КоА-синтазы, образует ацетил-КоА, который в свою очередь, является одним из центральных нормальных метаболитов обмена углеводов, жиров, ряда аминокислот: окисляется в цикле трикарбоновых кислот, из него синтезируются непредельные жирные кислоты, холестерин, некоторые аминокислоты. Поэтому ацетил-КоА, конечно, является не токсичным веществом.



(10 баллов)

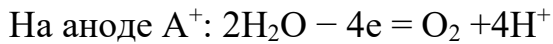
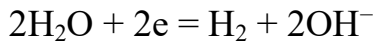
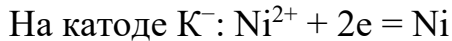
11-й класс

Задача 1 (20 баллов).

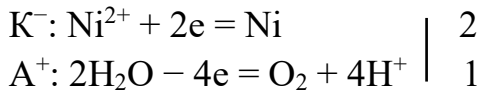


$$n(\text{NiSO}_4) = \frac{m(\text{КГ})}{M(\text{КГ})} = \frac{60}{418} = 0.144 \text{ моль. } m(\text{NiSO}_4) = 0.144 \cdot 155 \text{ г/моль} = 22.32 \text{ г. } w(\text{NiSO}_4) = \frac{22.32 \text{ г}}{(60+1400) \text{ г}} \cdot 100\% = 1.53\%.$$

(5 баллов)

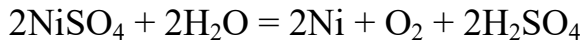


Общие уравнения:

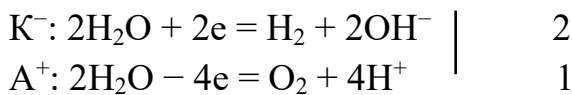


(5 баллов)

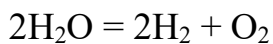
В) Молекулярное уравнение основной реакции:



Уравнения побочной реакции:



Суммарное уравнение побочной реакции:



По цепи, по условию, прошло $4 \cdot 10^{22}$ электронов, это составляет $\frac{4 \cdot 10^{22}}{6.02 \cdot 10^{23}} = 0.066$ моль электронов. Для восстановления 1 атома никеля необходимо 2 электрона ($\text{Ni}^{2+} + 2e = \text{Ni}^0$), следовательно, восстановилось $0.066/2 = 0.033$ моль никеля.

$$m(\text{Ni}) = 0.033 \text{ моль} \cdot 59 \text{ г/моль} = 1.947 \text{ г.}$$

(5 баллов)

Г) $n(\text{NiSO}_4)_{\text{ост.}} = 0.144 - 0.033 = 0.111$ моль

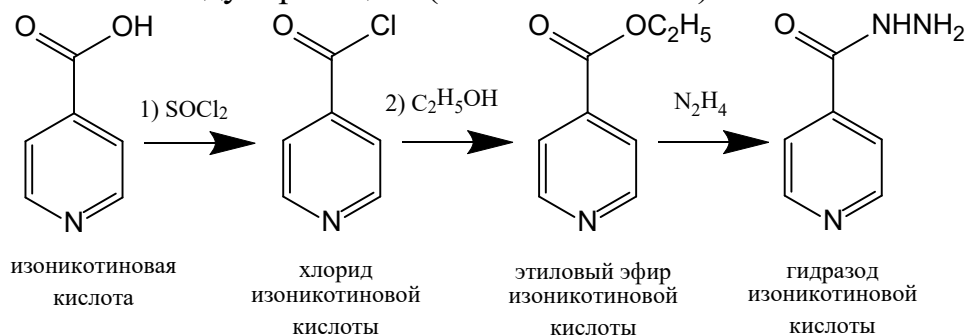
$$m(\text{O}_2) = 0.0165 \cdot 32 = 0.528 \text{ г}$$

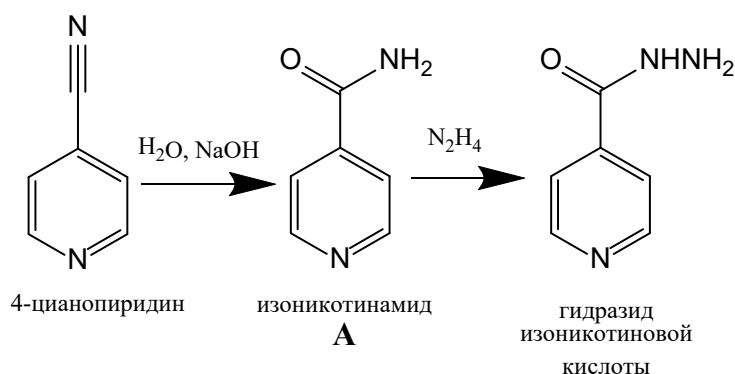
$$w(\text{NiSO}_4)_{\text{ост.}} = \frac{(0.111 \cdot 155)}{(1460 - 0.528)} \cdot 100\% = 1.18\%.$$

(5 баллов)

Задача 2 (20 баллов).

A) По 2 балла за каждую реакцию (всего 10 баллов)





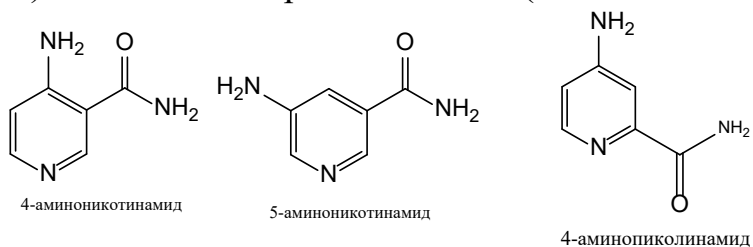
Б) $n(4\text{-цианопиридина}) = 80 \cdot 0.95 / 104 = 0.73$ моль

$n(\text{NaOH}) = 40 \cdot 1,1 \cdot 0.35 / 40 = 0,385$ моль. Цианопиридин в избытке, считать нужно по химическому количеству щелочи. $n(\text{изониазида}) = 0,385$ моль.

$m(\text{изониазида}) = nM = 0.385 \cdot 138 = 53.13$ г.

(5 баллов)

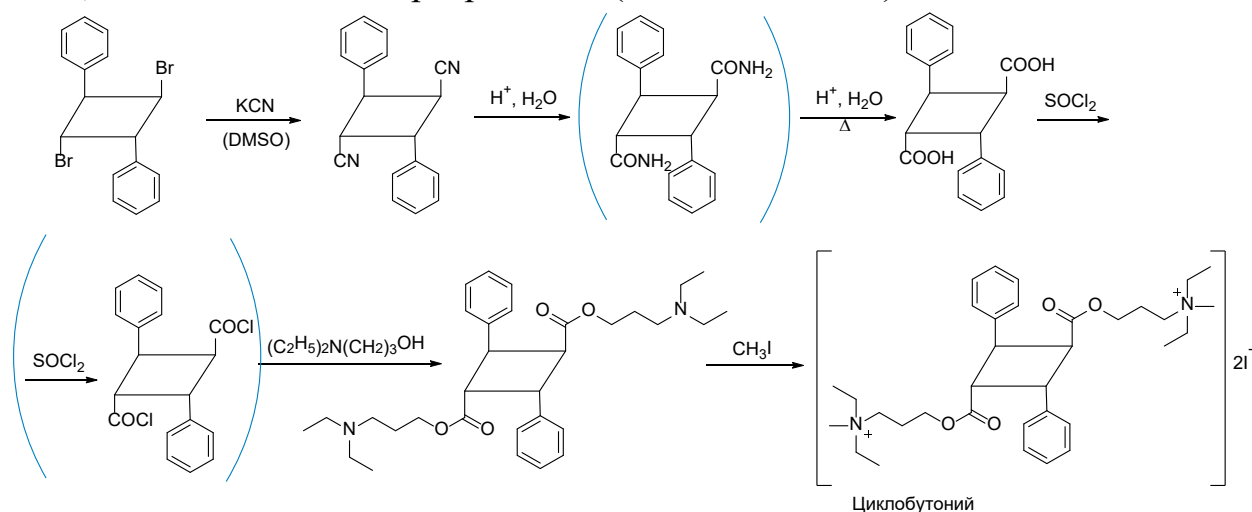
В) Возможные варианты ответа (возможные изомеры):



(5 баллов)

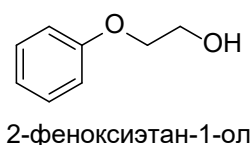
Задача 3 (20 баллов).

По 3,3 балла за каждое превращение (всего 20 баллов).



Задача 4 (20 баллов).

Решение:



За нахождение ароматической системы выставляется **10 баллов**, за определение спиртовой группы — **5 баллов**, за правильное определение всей структуры соединения — **5 баллов**.

Задача 5 (20 баллов).

Основная идея решения основана на определении глубины протекания (химической переменной) ξ реакции при достижении максимальной скорости. Обозначим ξ количество прореагировавшего иода в данный (произвольный) момент времени. Тогда из условий стехиометрии данной реакции ровно столько же прореагирует ацетона. И тогда останется непрореагировавших количеств (концентраций) иода и ацетона $3 - \xi$ и $2 - \xi$ (моль) соответственно. Аналогично определяется количество образующихся продуктов — иодаацетона $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{I}$ и иодоводородной кислоты HI — каждого по ξ молей. **(5 баллов)**

С учётом полученного запишем уравнение скорости реакции:

$$r = k \cdot [\text{CH}_3\text{COCH}_3][\text{I}_2][\text{HI}] = k(2 - \xi)(3 - \xi)\xi, \quad \text{(5 баллов)}$$

Теперь определим глубину протекания ξ , отвечающую максимальному значению скорости (приравниваем производную скорости r по ξ к нулю):

$$dr/d\xi = [k(2 - \xi)(3 - \xi)\xi]'_{\xi} = [k(\xi^3 - 5\xi^2 + 6\xi)]'_{\xi} = k \cdot (3\xi^2 - 10\xi + 6) = 0 \quad \text{(5 баллов)}$$

Решая полученное квадратное уравнение, находим $\xi \approx 0.8$ (второй корень $\xi \approx 2.5$ — не подходит, т.к. отвечает отрицательному значению оставшегося ацетона).

Окончательно имеем: количество (концентрация) непрореагировавшего иода равно: $3 - \xi \approx 3 - 0.8 = 2.2$ моль **(5 баллов)**

Заключительный этап

8-й класс

Задача 1 (25 баллов).

1. Аналитический способ решения: можно вычислить атомную массу элемента X в соединении CH_3XH_2

Ход решения:

$$W = \frac{M_X}{M_{\text{CH}_3\text{XH}_2}}$$

Пусть масса $M_X = X$, тогда

$$\frac{X}{12 + 5 + X} = 0.815$$

значит:

$$X = 74.9$$

В таблице Менделеева находим что элементу с массой 74,9 соответствует мышьяк.

Аналогичные расчёты для оксида приводят нас к уравнению

$$X - 0.799X = 16 \cdot 0.799$$

$$0.201X = 12.784$$

$$X = 63.5$$

Элемент X — это медь

(5 баллов)

Определить соединение X можно исходя из его способности образовывать соединение с водородом и летучее метилэлементорганическое соединение можно предположить, что это сера, однако метилмеркаптан имеет очень сильный запах и также соединение серы не образует осадка при обработке серной кислотой. Значит, предлагаемый элемент — либо Р, либо As. При подстановке в формулу по стехиометрическому соотношению фосфора или мышьяка можно проверить сходимость коэффициентов.

2. Подбор коэффициентов приводит к следующему составу

x:y:z:w:q как

$$4,7/12 : 0,59/1 : 31,5/16 : 25/63,5 : 38,21/75$$

$$0,39 : 0,59 : 0,7 : 1,57 : 0,39 : 0,59$$

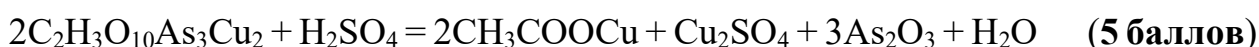
$$1 : 1,5 : 1,98 : 5 : 1 : 1,5$$

$$2 : 3 : 10 : 2 : 3$$

Брутто формула $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_{10}\text{As}_3\text{Cu}_2$

(5 баллов)

Реакции:



Оксид металла: CuO

Органическое соединение мышьяка CH_3As

Допустим ответ $C_4H_6O_{20}As_6Cu_4$ или $C_2H_3O_{10}As_3Cu_2$.

(5 баллов)

Задача 2 (25 баллов).

Главное квантовое число отражено в номере периода периодической таблицы Д. И. Менделеева. Максимальное число электронов для данного главного квантового числа, когда все орбитали атома заполнены в соответствии с числом протонов — у инертных газов. Инертные газы: второй период — Ne, 3 — Ar, 6 — Rn. Таким образом, максимальное число электронов равно 2, 10 и 86.

(10 баллов)

Электроны в атомах элементов с одинаковым главным квантовым числом n отличаются орбитальным квантовым числом l . В свою очередь, электроны с одинаковым орбитальным квантовым числом отличаются магнитным квантовым числом m_l . Количество квантовых чисел m_l равно $2l + 1$. Поэтому для $l = 0$ (s-электроны) такая квартира-орбиталь может быть только одна, для p-электронов, где $l = 1$, будет 3, для d-электронов — 5 и для f-электронов — 7.

(15 баллов)

Задача 3 (25 баллов).



$$n(H_2) = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(MeCl_x) = 2/x \cdot n(H_2) = 0,6/x$$

$$M(MeCl_x) = \frac{35,25 \cdot x}{0,6} = 58,75x$$

(5 баллов)

$$A(Me) = 58,75x - 35,5x = 23,25x$$

$$x = 1 \quad A(Me) = 23,25$$

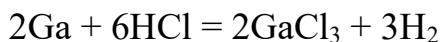
$$x = 2 \quad A(Me) = 46,50$$

$$x = 3 \quad A(Me) = 69,75 \text{ это } \underline{Ga}$$

(5 баллов)

$$m_p = 300 \cdot 1,1 + 13,94 - 0,3 \cdot 2 = 343,34 \text{ г}$$

$$n_{Ga} = 0,2 \text{ моль}$$



(5 баллов)

$$n_{Соли} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n_{H_2} = 0,3 \text{ моль}$$

$$m_{Ga} = 13,94 \text{ г}$$

$$w_{GaCl_3} = 35,25 / 343,34 = 0,102 \text{ или } 10,2 \%$$

(5 баллов)

$$n_{ост. HCl} = 0,9 - 0,6 = 0,3 \text{ моль}$$

$$w_{HCl} = (0,3 \cdot 36,5) / 343,34 = 0,032 \text{ или } 3,2 \%$$

(5 баллов)

Задача 4 (25 баллов).

Первая смесь

$$M_{\text{смеси}} = 57,6$$

$$57,6 = M_1 \cdot 0,2 + M_2 \cdot 0,8$$

Вторая смесь

$$M_{\text{смеси}} = 38,4$$

$$38,4 = M_1 \cdot 0,8 + M_2 \cdot 0,2$$

(5 баллов)

$$\begin{cases} 57,6 = M_1 \cdot 0,2 + M_2 \cdot 0,8 \\ 38,4 = M_1 \cdot 0,8 + M_2 \cdot 0,2 \end{cases}$$

$$M_1 = \frac{38,4 - 0,2M_2}{0,8}$$

$$57,6 = \frac{38,4 - 0,2M_2}{0,8} \cdot 0,2 + M_2 \cdot 0,8$$

$$0,12M_2 = 7,68$$

$$M_2 = 64(SO_2)$$

$$M_1 = 32(O_2)$$

(10 баллов)

К 1 литру смеси II добавили X л O₂.

$$SO_2 = 0,8 \text{ л} \quad V(O_2) = 0,2 + X$$

$$\varphi_2 = 0,8 / 1+X \quad \varphi_1 = 0,2 + X / 1+X$$

$$38,4 = 64 \cdot 0,8 / 1 + X + 32 \cdot 0,2 + X / 1 + X$$

$$X = 3 \text{ л}$$

(5 баллов)

Надо добавить 3 л O₂



(5 баллов)

Задача 5 (25 баллов).

Количество молекул никотиновой кислоты в 1л насыщенного раствора:

$$m(C_6H_5O_2N) / M(C_6H_5O_2N) \cdot N_A = 17,7 / 123 \cdot 6 \cdot 10^{23} \approx 8 \cdot 10^{22} \quad (5 \text{ баллов})$$

Количество молекул никотиновой кислоты в 1л растворов с разведением 10С и 12С:

$$8 \cdot 10^{22} \cdot 10^{-20} = 800$$

$$8 \cdot 10^{22} \cdot 10^{-24} = 0,08$$

(10 баллов)

При разделении раствора на несколько равных частей молекулы вещества распределяются по частям не в равных, но в очень близких количествах; при низких концентрациях точное разделение растворов на несколько равных частей невозможно по этой причине. (5 баллов)

В растворе 12С может не быть молекулы исходного вещества, так как при одном из разведений количество частей оказалось больше количества молекул. (5 баллов)

9-й класс

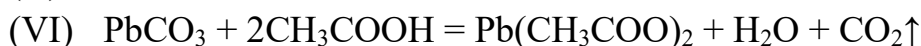
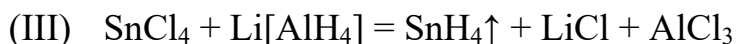
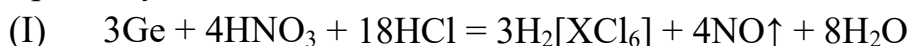
Задача 1 (25 баллов).

- Зашифрована водная 4М HCl. О кислотности свойств раствора понятно по кислотно-основному титрованию, о наличии хлорид-иона — по титрованию по Фольгарду. (10 баллов)
- Расчёт по кислотно-основному титрованию показывает содержание H^+ в исходном растворе = 4 моль/л, расчёт по обратному титрованию по Фольгарду = 4 моль/л Cl^- . (5 баллов)
- Катион Fe^{3+} используется как индикатор для обнаружения в растворе ионов SCN^- . Пока в растворе есть катионы Ag^+ , SCN^- -ионы образуют малорастворимый осадок $AgSCN$, в результате чего раствор остается бесцветным. В момент полного связывания катионов Ag^+ в осадок в растворе остается некоторое количество ионов SCN^- , образующих с катионом Fe^{3+} ряд комплексных соединений $[Fe(SCN)_x]^{(3-x)+}$ характерного кроваво-красного цвета. (5 баллов)
- Исключено использование галогенидов железа (III) — хлорида, бромида, иодида — поскольку содержит галогенид-ионы, осаждаемые катионом серебра, что влияет на конечный результат количественного анализа. Сульфат железа (III) и железоаммонийные квасцы использовать можно, поскольку в кислой среде сульфат-ион существует в виде HSO_4^- , не осаждающего Ag^+ . Прекрасно подходит для удаления цинковых и свинцовых белил, для титановых и эпоксидных — не годится. (5 баллов)

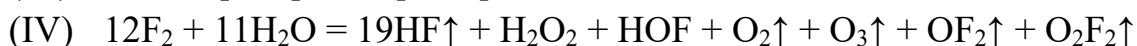
Задача 2 (25 баллов).

По 2,5 балла за каждую реакцию:

Трёхпалубник: Ge–Sn–Pb

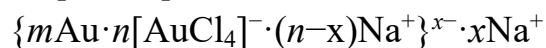
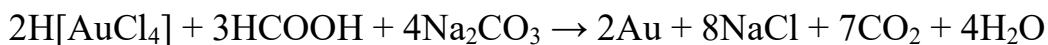
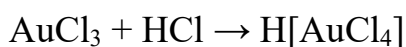
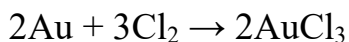
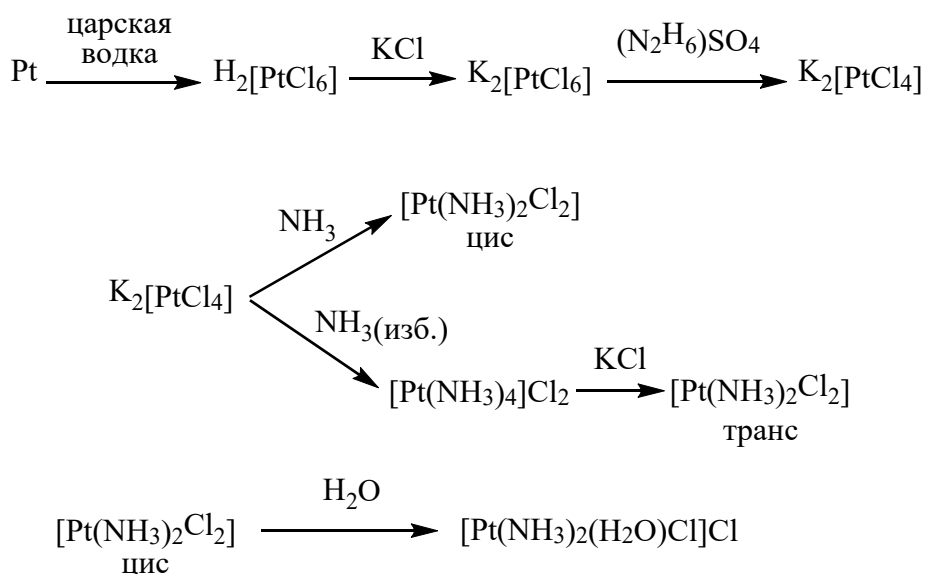


Двухпалубник: O–F



Задача 3 (25 баллов).

Me = Au

(3 балла)По **4 балла** за каждую реакцию (всего **12 баллов**):**(10 баллов)****Задача 4 (25 баллов).**По **3,6 балла** за каждую реакцию (всего **25 баллов**).**Задача 5 (25 баллов).**1) По **0,5 балла** за каждое вещество (всего **3,5 балла**)

А — Mo, **Б** — MoS₂, **В** — MoO₃, **Г** — MoCl₅, **Д** — MoCl₃, **Е** — MoCl₂, **Ж** — MoCl₄.

В задаче предусмотрено несколько способов определить и доказать формулы загаданных веществ.

Участник олимпиады, зная, что вещество **Б** — минерал, содержащий только два элемента, может предположить, что **Б** — сульфид. Сульфидные руды часто обладают металлическим блеском, горят с образованием одного газа — сернистого и твёрдого остатка — оксида, из которого затем восстанавливают металл.

Перебирая различные возможные формулы сульфидов, участник олимпиады должен прийти к выводу, что **Б** — MoS₂.

$$\frac{M(A)}{M(AS_2)} = \frac{x}{x + 64} = 0.6$$

$$x = 96$$

$$A = Mo \quad (2 \text{ балла})$$

Зная, что **A** — молибден, и предполагая, что **B** — оксид молибдена, участник олимпиады может определить его формулу.

$$\frac{M(Mo)}{M(MoO_x)} = \frac{96}{96 + 16 \cdot x} = 0.6$$

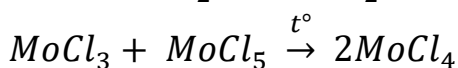
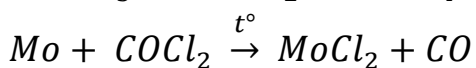
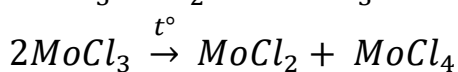
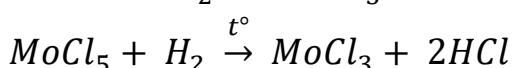
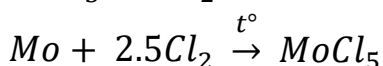
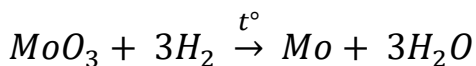
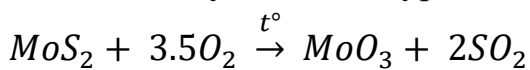
$$x = 3 \quad (1 \text{ балл})$$

Участник олимпиады может и иначе определить, что **A** — молибден. Участник олимпиады может обратить внимание, что массовая доля элемента **A** падает в ряду **E–Д–Ж–Г**, причём, на относительно близкие величины. На основании этого можно сделать вывод, что ряд **E–Д–Ж–Г** — ряд хлоридов, в котором монотонно растёт количество атомов хлора, например, $ACl-ACl_2-ACl_3-ACl_4$, $ACl_2-ACl_3-ACl_4-ACl_5$, $ACl_3-ACl_4-ACl_5-ACl_6$, $ACl_4-ACl_5-ACl_6-ACl_7$ или $ACl_5-ACl_6-ACl_7-ACl_8$. Затем участник может пойти по одному из двух путей. Участник может путём перебора рядов дойти до ряда $ACl_2-ACl_3-ACl_4-ACl_5$ и расчётами доказать, что **A** — молибден или составить систему уравнений, наподобие следующей и решить её.

$$\begin{cases} \frac{M(A)}{M(A)+xM(Cl)} = \omega(A \text{ в } ACl_x) \\ \frac{M(A)}{M(A)+(x+1) \cdot M(Cl)} = \omega(A \text{ в } ACl_{x+1}) \end{cases} \quad (1 \text{ балл})$$

2. Молибденит (0,5 балла)

3. По **1 баллу** за каждое уравнение (всего **8 баллов**):



4. При более высоких температурах восстановление пройдёт глубже и образуется металлический молибден:



5. Молибден применяется в металлургии, как легирующая добавка (2 балла)

6. $[Mo_6Cl_8]Cl_4$ (5 баллов)

10-й класс

Задача 1 (20 баллов).

Сначала рассчитаем начальные концентрации ионов Ag^+ и Cl^- сразу после попадания сточных вод в пруд:

Объём жидкости в пруде цилиндрической формы $V_{\text{пруда}} = \pi h D^2 / 4 = 3,14 \cdot 2 \cdot (100)^2 / 4 = 15700 \text{ м}^3 = 15700000 \text{ л} = 1,57 \cdot 10^7 \text{ л}$. Добавление 200 л сточных вод практически не изменит объём раствора в пруду.

$$200 \text{ л} = 0,2 \text{ м}^3$$

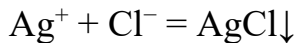
Масса AgNO_3 в сточных водах составляет $m(\text{AgNO}_3) = 0,2 \cdot 1200 \cdot 10 \% / 100 \% = 24 \text{ кг} = 24000 \text{ г}$

Количество вещества AgNO_3 составляет $n(\text{AgNO}_3) = 24000 \text{ г} / 170 \text{ г/моль} = 141,2 \text{ моль}$

Начальная концентрация ионов серебра сразу после попадания сточных вод в пруд составляет $C_0(\text{Ag}^+) = 141,2 \text{ моль} / 1,57 \cdot 10^7 \text{ л} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$

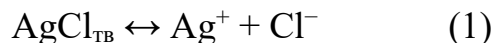
Начальная концентрация хлорид-ионов сразу после попадания сточных вод в пруд составляет $C_0(\text{Cl}^-) = 180 \text{ г/л} / 58,5 \text{ г/моль} = 3,08 \text{ моль/л}$

Допустим, что при попадании сточных вод в пруд все серебро осадилось в виде AgCl :

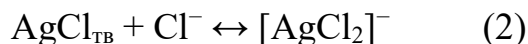


Концентрация хлорид-ионов в растворе практически не изменилась и составляет $[\text{Cl}^-] = 3,08 \text{ моль/л}$

Полученный хлорид серебра может растворяться согласно двум равновесным процессам:



Константа равновесия: $\text{PP}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,78 \cdot 10^{-10}$



Константа равновесия: $K_2 = [\text{AgCl}_2^-] / [\text{Cl}^-]$

Константа равновесия K_2 может быть рассчитана из $\text{PP}(\text{AgCl})$ и $\beta([\text{AgCl}_2]^-)$

$$\beta([\text{AgCl}_2]^-) = [\text{AgCl}_2^-] / ([\text{Cl}^-]^2 \cdot [\text{Ag}^+]) = [\text{AgCl}_2^-] / ([\text{Cl}^-] \cdot \text{PP}(\text{AgCl}))$$

Таким образом $\beta([\text{AgCl}_2]^-) \cdot \text{PP}(\text{AgCl}) = [\text{AgCl}_2^-] / [\text{Cl}^-] = k_2$

$$k_2 = 4,35 \cdot 10^5 \cdot 1,78 \cdot 10^{-10} = 7,74 \cdot 10^{-5}$$

Т.к. $C_0(\text{Cl}^-)$ много больше $C_0(\text{Ag}^+)$, то $[\text{Cl}^-] = C_0(\text{Cl}^-)$

Из уравнения (1) равновесная концентрация ионов серебра составит $[\text{Ag}^+] = \text{PP}(\text{AgCl}) / C_0(\text{Cl}^-) = 1,78 \cdot 10^{-10} / 3,08 = 5,78 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л}$

Из уравнения (2) равновесная концентрация ионов $[\text{AgCl}_2^-]$ составит $[\text{AgCl}_2^-] = k_2 \cdot C_0(\text{Cl}^-) = 7,74 \cdot 10^{-5} \cdot 3,08 = 2,38 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$.

Тот факт, что равновесная концентрация ионов $[\text{AgCl}_2^-] = 2,38 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$ превышает начальную концентрацию ионов серебра $C_0(\text{Ag}^+) = 9 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$

означает, что в пруду **не будет наблюдаться выпадение осадка**, и большинство ионов серебра будет существовать в форме комплекса $[AgCl_2]^-$. Таким образом, соединения серебра в растворе будут существовать в растворе в двух формах: $[AgCl_2]^-$ и Ag^+ между которыми существует равновесие:



Полная константа устойчивости комплекса $[AgCl_2]^-$ является константой равновесия данного процесса.

$$\beta([AgCl_2]^-) = [AgCl_2^-] / ([Cl^-]^2 \cdot [Ag^+]) = ((C_0(Ag^+) - [Ag^+]) / (C_0(Cl^-)^2 \cdot [Ag^+]))$$

$$\text{Отсюда } [Ag^+] = C_0(Ag^+) / (1 + \beta([AgCl_2]^-) \cdot (C_0(Cl^-))^2) = 9 \cdot 10^{-6} / (1 + 4,35 \cdot 10^5 \cdot 3,08^2) = 2,18 \cdot 10^{-12} \text{ моль/л}$$

$$[AgCl_2^-] = 9 \cdot 10^{-6} - 2,18 \cdot 10^{-12} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

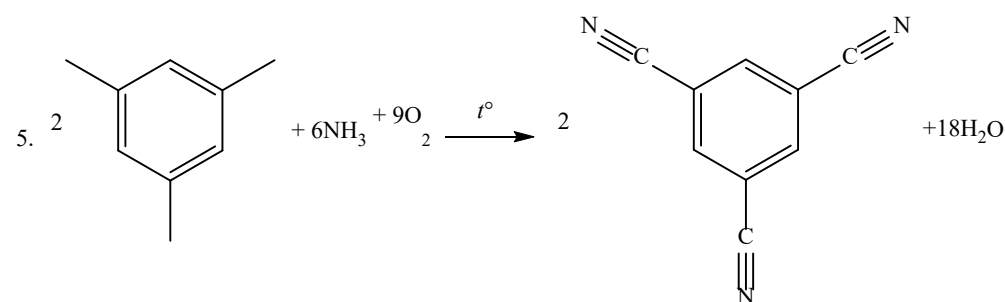
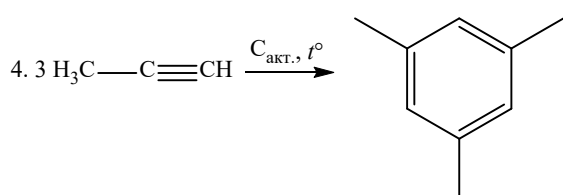
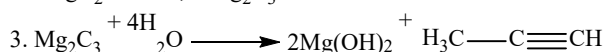
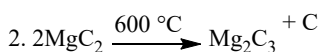
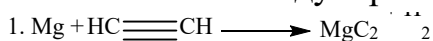
Суммарная концентрация растворимых соединений серебра ($[AgCl_2]^-$ и Ag^+) в пруду составит $9 \cdot 10^{-6}$ моль/л, что в пересчете на серебро равно $9 \cdot 10^{-6}$ моль/л $\cdot 108$ г/л = $9,72 \cdot 10^{-4}$ г/л = $0,972$ мг/л = $0,972$ мг/дм³, что превышает ПДК ($0,05$ мг/дм³)

Критерии оценивания:

Расчет начальных концентраций ионов Ag^+ и Cl^- по 1 баллу	4 балла
Аргументированный вывод, что осадок $AgCl$ не образуется	6 баллов
Расчет концентрации $[AgCl_2]^-$ и Ag^+ по 3 балла	6 баллов
Вывод о том, что ПДК серебра будет превышен	4 балла

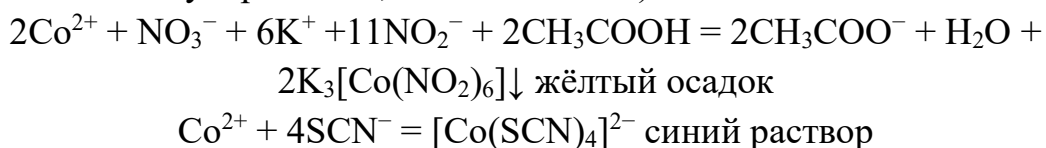
Задача 2 (20 баллов).

По **4 балла** за каждую реакцию:

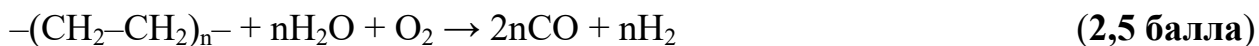


Задача 3 (20 баллов).

1. Реакции катиона соответствуют аналитическим реакция его открытия (по **2,5 балла** за каждую реакцию, всего **5 баллов**):



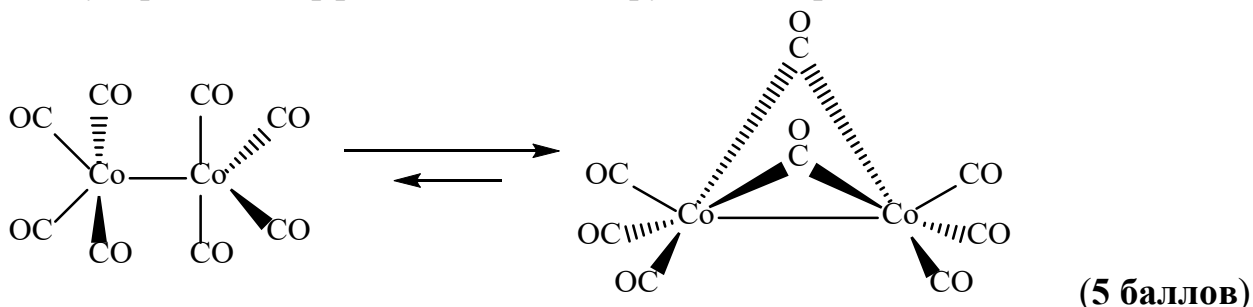
2. Гидротермальный пиролиз



Образуется синтез-газ, который в реакции Фишера — Тропша позволяет получать углеводороды бензиновой фракции:



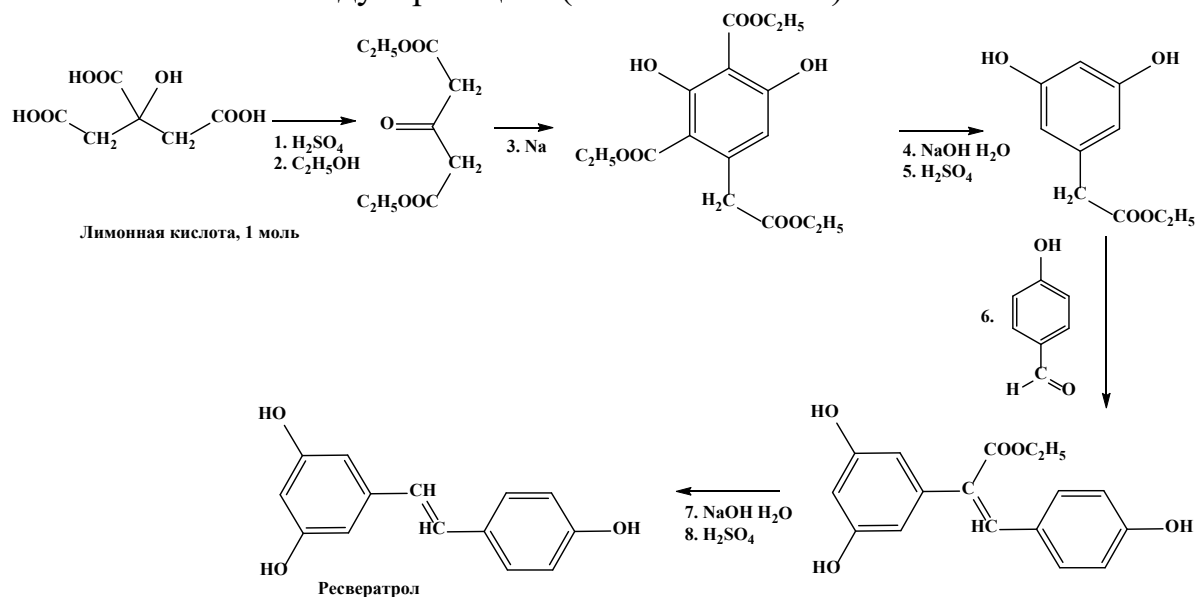
Данную реакцию эффективно катализирует октакарбонил дикобальта.



Образование комплекса происходит по механизму обратного донирования. Две π -связи образуются при перекрывании заполненных d-орбиталей атома металла с двумя π -разрыхляющими орбиталями атома углерода в молекуле CO. Последний вид связывания требует наличия у атома металла d-электронов и его относительно низкой степени окисления ($<+2$). (5 баллов)

Задача 4 (20 баллов).

1. По **2 балла** за каждую реакцию (всего **10 баллов**):



2. Так как синтез ресвератрола восьмистадийный, выход на каждой стадии 80 % и в реакцию введен 1 моль лимонной кислоты, то:

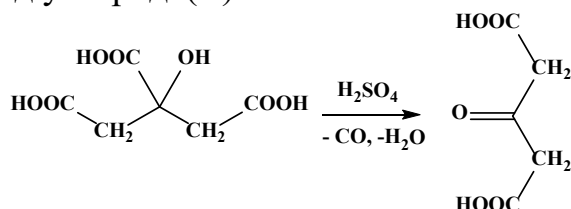
$$v(\text{общ}) = 1 \text{ моль} \cdot 0,8^8 = 0,168 \text{ моль.}$$

Однако учитывая, что на третьей стадии реакции из двух эквивалентов реагента получается 1 эквивалент продукта, то:

$$v(\text{общ}) = 0,168 \text{ моль} / 2 = 0,084 \text{ моль (84 ммоль ресвератрола)} \quad (5 \text{ баллов})$$

3. Реакциями декарбоксилирования являются первая, пятая и восьмая стадия синтеза.

На первой стадии из лимонной кислоты получается ацетондикарбоновая. При этом выделяется оксид углерода(II).

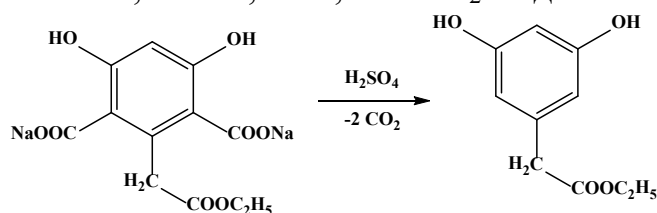


Учитывая, что в реакцию будет введен 1 моль лимонной кислоты, а выход реакции на каждой стадии синтеза составит 80 %, то объём CO составит:

$$V(\text{CO}) = 22,4 \cdot 0,8 = 17,92 \text{ л.}$$

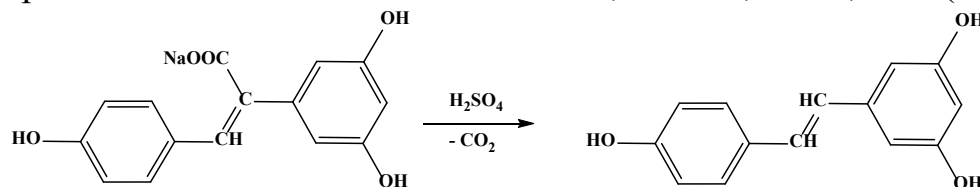
На пятой стадии синтеза, в реакцию декарбоксилирования вступит 0,164 моль вещества. Учитывая, что при этом будут отщепляться две карбоксильные группы, два эквивалента CO_2 выделится:

$$0,164 \cdot 2 = 0,328 \text{ моль или } 0,328 \cdot 22,4 = 7,34 \text{ л } \text{CO}_2 \text{ выделится.}$$



На последней, восьмой стадии синтеза выделится 0,084 моль CO_2 (столько же, сколько образовалось ресвератрола) $0,084 \cdot 22,4 = 1,88 \text{ л } \text{CO}_2$.

Таким образом общий объём CO_2 . Составит: $7,34 \text{ л} + 1,88 = 9,22 \text{ л } (\text{CO}_2)$



Общий объём выделившихся газов составит:

$$V(\text{общ}) = 17,92 \text{ л } (\text{CO}) + 9,22 \text{ л } (\text{CO}_2) = 27,14 \text{ л.} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача 5 (20 баллов).

Решение основано на введении химических переменных (глубин протекания) и записи условий равновесия для двух параллельно протекающих реакций.

Для удобства рассмотрения этих двух реакций обозначим их участников, сами реакции и их константы равновесия в более общем и компактном виде, переписав реакции следующим образом:



Пусть ξ_1 — глубина протекания первой реакции, ξ_2 — глубина протекания второй реакции.

В соответствии с законами химического равновесия для этих реакций имеем:

$$K_1^p = \frac{p_C [p]}{p_A p_B} = \frac{[p]}{p} \frac{N_C}{N_A N_B}$$

$$K_2^p = \frac{p_D [p]}{p_A^2} = \frac{[p]}{p} \frac{N_D}{N_A^2}$$

(5 баллов)

Далее, в соответствии со стехиометрией реакций и введенными глубинами превращения (химическими переменными), нетрудно выразить числа молей n_k каждого из участников реакции через глубины ξ_k для условий достижения

равновесного состояния ($n_k = n_{k,o} + \sum_r \nu_k \xi_r$, где ν_k — стехиометрический коэффициент участника реакции). Для наглядности можно оформить это таблично:

	A	B	C	D
Начальное число молей, $n_{k,o}$	3	1	0	0
Число молей в состоянии равновесия, n_k	$3 - \xi_1 - 2\xi_2$	$1 - \xi_1$	ξ_1	ξ_2
Суммарное число молей, $\sum n$	$\sum n = 4 - \xi_1 - \xi_2$			
Равновесные мольные доли компонентов, N_k	$\frac{3 - \xi_1 - 2\xi_2}{4 - \xi_1 - \xi_2}$	$\frac{1 - \xi_1}{4 - \xi_1 - \xi_2}$	$\frac{\xi_1}{4 - \xi_1 - \xi_2}$	$\frac{\xi_2}{4 - \xi_1 - \xi_2}$

Запишем теперь законы химического равновесия через глубины обеих реакций:

$$K_1^p = \frac{[p]}{p} \frac{\xi_1 (4 - \xi_1 - \xi_2)}{(3 - \xi_1 - 2\xi_2)(1 - \xi_1)} \quad (1),$$

$$K_2^P = \frac{[p] \xi_2 (4 - \xi_1 - \xi_2)}{p (3 - \xi_1 - 2\xi_2)^2} \quad (2).$$

Далее необходимо подставить заданные по условию значения констант равновесия K_1^P и K_2^P и решить полученную систему уравнений (1)–(2):

Из уравнения (1) системы выразим переменную ξ_2 через ξ_1 :

$$\xi_2 = \frac{142\xi_1 - 35,5\xi_1^2 - 109,5}{70\xi_1 - 69} \quad (1').$$

Зададим далее несколько произвольных значений ξ_1 и вычислим по (1') соответствующие величины ξ_2 :

$$\begin{aligned} \xi_1 = 0,7 & \quad \xi_2 = 1,07 \\ \xi_1 = 0,8 & \quad \xi_2 = 0,97 \\ \xi_1 = 0,9 & \quad \xi_2 = 0,74 \end{aligned} \quad (5 \text{ баллов})$$

Полученную зависимость $\xi_2 = f(\xi_1)$ целесообразно изобразить графически.

Аналогично, поделив (1) на (2): $\frac{K_1^P}{K_2^P} = \frac{\xi_1(3 - \xi_1 - 2\xi_2)}{\xi_2(1 - \xi_1)}$, получим вторую зависимость ξ_2 от ξ_1 :

$$\xi_2 = \frac{\xi_1^2 - 3\xi_1}{4,79 - 6,79\xi_1} \quad (2').$$

И также вычислим несколько точек этой зависимости (задавая, как и выше, несколько произвольных значений ξ_1 и вычисляя ξ_2 по (2')):

$$\begin{aligned} \xi_1 = 0,7 & \quad \xi_2 = 0,567 \\ \xi_1 = 0,8 & \quad \xi_2 = 0,688 \\ \xi_1 = 0,9 & \quad \xi_2 = 0,829 \end{aligned}$$

После графического представления и этой зависимости ξ_2 от ξ_1 , легко находится (по пересечению линий — двух полученных зависимостей) искомое решение системы (1)–(2):

$$\xi_1 \approx 0,885 \quad \xi_2 \approx 0,80 \quad (5 \text{ баллов})$$

Искомый равновесный выход определяется подстановкой полученных численных значений глубин протекания реакций ξ_1 и ξ_2 в вышеприведенные (в таблице) соотношения для расчёта выхода продуктов (их мольных долей), откуда имеем:

$$N_{C_7H_{16}} \approx 0,382 \quad N_{C_6H_{12}} \approx 0,346. \quad (5 \text{ баллов})$$

11-й класс

Задача 1 (20 баллов).

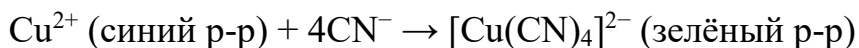
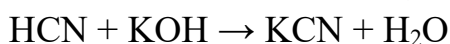
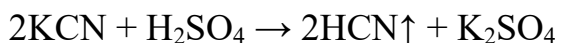
- **А** — гидроксид тетраметиламмония: $[(\text{CH}_3)_4\text{N}]\text{OH}$, представитель класса тетраалкиламмониевых гидроксидов; **В** — CH_3Cl ; **С** — хлорид тетраметиламмония: $[(\text{CH}_3)_4\text{N}]\text{Cl}$. (5 баллов)
- На то, что **С** — именно четвертичная аммониевая соль, указывает агрегатное состояние: амины — газы/легколетучие жидкости. Они же являются промежуточными продуктами алкилирования аммиака и всегда будут содержаться в виде примесей. Уменьшить количество примесей можно увеличением избытка метиламмония в исходной смеси, реакцию желательно проводить в умеренно полярном растворителе (например, этанол), в котором растворимость хлорида тетраметиламмония будет невелика, для выпадения основного продукта реакции в осадок. Примеси (первичные, вторичные и третичные амины, исходные вещества) будут оставаться в маточном растворе. Дополнительная очистка хлорида тетраметиламмония может быть проведена перекристаллизацией из водного раствора. (5 баллов)
- В гидроксиде тетраметиламмония гидроксид-ион и тетраметиламмоний-катион связаны ионной связью. В воде соединение растворяется с разрушением ионной кристаллической решетки, в результате чего высвобождается гидроксид-ион. (5 баллов)
- Растворимость хлорида тетраметиламмония в абсолютном метаноле крайне низкая, вытеснение хлорид-иона сильным основанием протекает фактически на границе раздела фаз, таким образом, скорость реакции ограничена гетерогенным процессом. Присутствие воды в системе для повышения растворимости хлорида тетраметиламмония исключается: одно сильное основание количественно не может вытеснить другое из соли в присутствии воды, выделить продукт в чистом виде не удастся. (5 баллов)

Задача 2 (20 баллов).

1. Неорганическая часть реакций:

X — KCN ; **Y** — HCN ; **Z** — CuCN (допустимо $\text{Cu}_2(\text{CN})_2$).

Реакции (по **2 балла** за каждую реакцию, всего **10 баллов**):



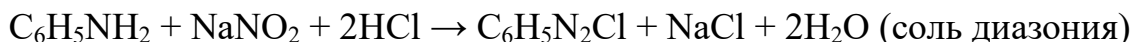
или



Органическая часть реакций:

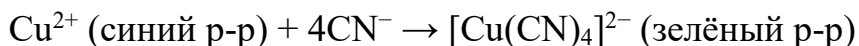
A — $C_6H_5N_2Cl$; **B** — C_6H_5CN .

Реакции (по **2 балла** за каждую реакцию, всего **4 балла**):



2. При водной перекристаллизации происходит гидролиз KCN, выделяется значительное количество циановодорода, что крайне нежелательно с точки зрения техники безопасности. Для подавления гидролиза можно использовать избыток KOH в растворе, однако в этом случае перекристаллизованный продукт будет содержать примесь K_2CO_3 . Также при водной перекристаллизации непрореагировавший K_2CO_3 будет извлекаться в раствор из исходного плава; при спиртовой перекристаллизации этот процесс исключен из-за малой растворимости K_2CO_3 . **(3 балла)**

3. Изменение цвета раствора обусловлено образованием цианокомплекса меди(II):



4. Реакция Зандмейера. **(1 балл)**

5. Перевод серебра в водный раствор:



Восстановление цианокомплекса до металла:



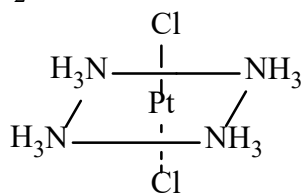
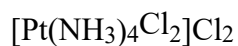
Допускается использование других восстановителей из цианидного раствора.

Задача 3 (20 баллов).

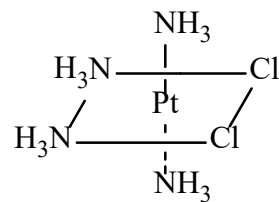
По **2 балла** за каждое соединение (всего **14 баллов**):

I — $[Pt(NH_3)_6]Cl_4$, II — $[Pt(NH_3)_5Cl]Cl_3$, III — $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Cl_2$, IV — $[Pt(NH_3)_3Cl_3]Cl$, V — $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$, VI — $K[Pt(NH_3)Cl_5]$, VII — $K_2[PtCl_6]$.

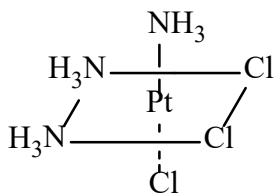
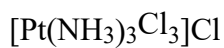
По **2 балла** за каждую пару изомеров (всего **6 баллов**):



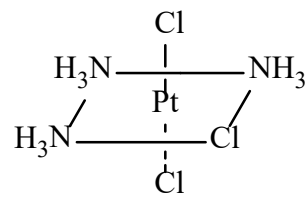
транс-



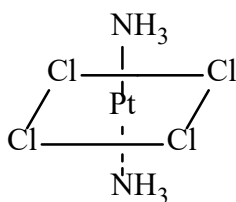
цис-



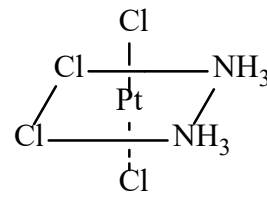
граневый



меридиальный



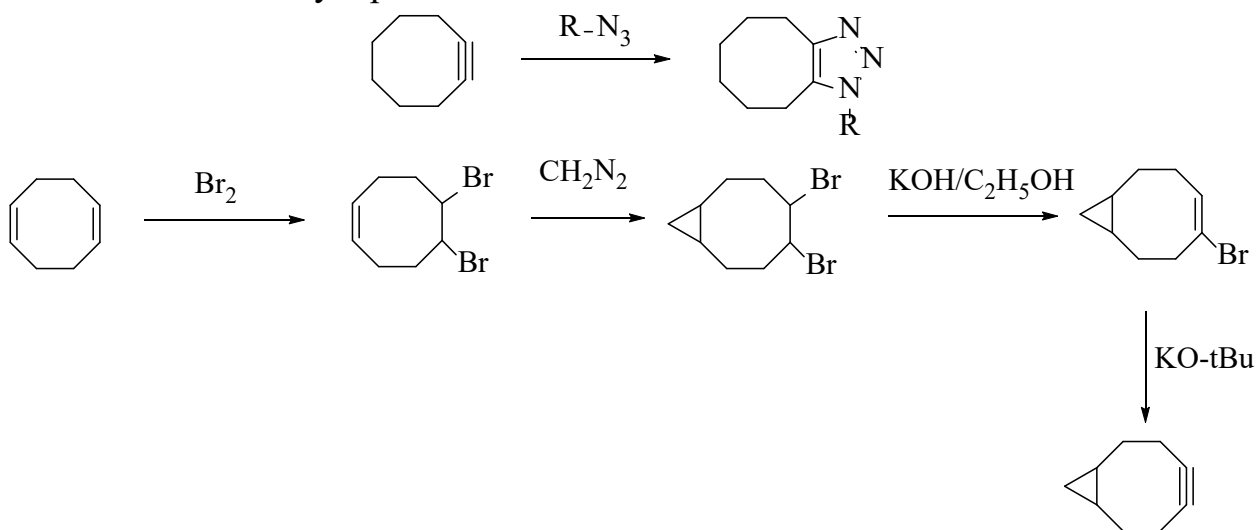
транс-



цис-

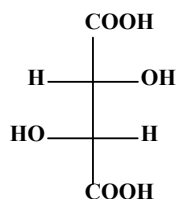
Задача 4 (20 баллов).

По 4 балла за каждую реакцию:



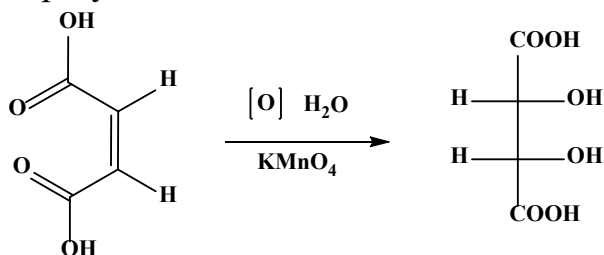
Задача 5 (20 баллов).

При обработке кислотой натурального винного камня — смеси гидротартрата калия и тартрата калия — образуется оптически активная D-винная кислота:



D-винная кислота (температура плавления 170 °С) (5 баллов)

При окислении малеиновой кислоты водным раствором перманганата калия образуется оптически не активная мезо-винная кислота



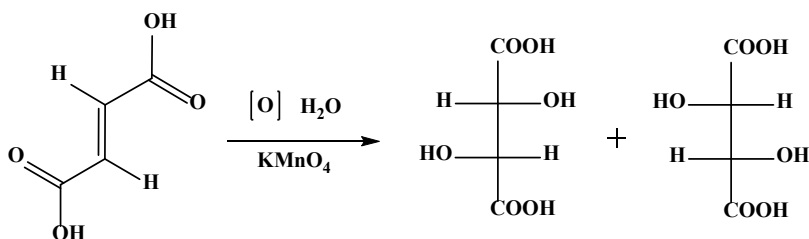
(5 баллов)

Малеиновая кислота Мезо-форма винной кислоты (мезо-винная кислота)

(температура плавления 140 °С)

Оптически неактивна

При окислении фумаровой кислоты водным раствором перманганата калия образуется оптически не активная виноградная кислота — рацемическая смесь оптически активных D- и L-винных кислот.



(10 баллов)

Фумаровая кислота

D, L-винная (виноградная кислота)

рацемическая винная кислота

(температура плавления 205 °С)

Оптически неактивна

Все эти соединения являются изомерами винной кислоты.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ерёмин В. В., Кузьменко Н. Е., Лунин В. В. и др. Химия 10 класс (профильный уровень). М.: Дрофа, 2008.
2. Ерёмина Е. А., Рыжова О. Н. Справочник школьника по химии. М.: Экзамен, 2006.
3. Кузьменко Н. Е., Ерёмин В. В., Попков В. А. Начала химии. Современный курс для поступающих в ВУЗы. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Экзамен, 2005.
4. Кузьменко Н. Е., Ерёмин В. В. 2500 задач по химии с решениями (для поступающих в вузы). М.: ОНИКС 21 век; Мир и образование, 2002.
5. Лидин Р. А., Молочко В. А., Андреева Л. Л. Химические свойства неорганических веществ: уч. пособие для вузов. 3-е изд., испр. М.: Химия, 2000.
6. Школьные олимпиады СПбГУ 2020. Химия: учеб.-метод. пособие / под ред. В. Д. Хрипуна. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020.
7. Карцова А. А., Лёвкин А. Н. Химия: 10 класс: уч. пособие для учащихся общеобразовательных организаций (углублённый уровень). М.: Вентана-Граф, 2016.