

КИРОВСКАЯ ЛЕТНЯЯ МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА ОБЪЯВЛЯЕТ НАБОР УЧАЩИХСЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ ПОТОК НА ИЮЛЬ 2026 ГОДА О Ш К О Л Е

Что такое ЛМШ? Кировская ЛМШ основана в 1985 году и проводится с тех пор ежегодно. Это летний лагерь, где школьники сочетают отдых с интенсивными занятиями. В ЛМШ четыре потока – *математический, физический, биологический и химический*. **На химический поток принимаются учащиеся, окончившие 7, 8, 9 и 10 классы.** ИНФОРМАЦИЯ О НАБОРЕ НА МАТЕМАТИЧЕСКИЙ, БИОЛОГИЧЕСКИЙ И ФИЗИЧЕСКИЙ ПОТОКИ РАЗМЕЩЕНА В ОТДЕЛЬНОМ ПИСЬМЕ.

Обучение состоит из регулярных ежедневных занятий с 9.00 до 13.00 или 14:00, а также проводимых во второй половине дня спецкурсов, консультаций, приёмов задач, лекций и факультативов. Численность учебной группы обычно не более 15 человек.

Страничка Кировской ЛМШ в Интернете: <http://cdoosh.ru/lmsh/>. В разделе «Архивы» (<http://cdoosh.ru/lmsh/lmsh-archives/>) можно найти материалы ЛМШ с 1993 по 2023 год. Информацию о химическом потоке можно найти по адресу: <http://cdoosh.ru/lmsh/>, в группе <https://vk.com/club206117236>.

Зачем нужна ЛМШ? В задачи ЛМШ входят развитие у школьников свойственного изучаемой науке стиля мышления, повышение их общей и профессиональной культуры, подготовка к научной деятельности, воспитание интеллигентности и порядочности. При этом:

– приоритетны *активные формы учёбы*; в частности, многие нужные теоретические результаты ученики «получают сами» через решение целесообразно подобранных и расположенных задач;

– в ЛМШ создаётся *культ серьёзной учёбы* (точнее, *работы*): плохо учиться, не уметь решать задачи здесь не престижно; культивируется *чувство профессиональной общности*.

Кто ездит в ЛМШ? На химическом потоке ЛМШ-2025 вместе с 29 обучающимися Кировской области учились 18 школьников из Белгородской, Вологодской, Московской, Новосибирской, Нижегородской, Самарской, Свердловской, Тюменской областей, республик Коми и Татарстан, Красноярского край, Пермского края, Донецкой Народной республики, городов Москва и Санкт-Петербург и Казахстана. Ранее здесь учились многие победители и призёры заключительных этапов всероссийских и международных олимпиад по химии за последние годы.

ЛМШ – только для вундеркиндов? В ЛМШ может попасть любой, кто любит соответствующие науки, умеет и любит решать задачи, проводить опыты: надо только любить свой предмет и хотеть им заниматься. А для самых «продвинутых» учеников здесь есть специальные группы «профи», занятия в которых ведут наиболее опытные преподаватели. Выделение групп «профи» (в 8-11 классах) проводятся по результатам вступительной олимпиады в первый учебный день.

А кто тут преподаёт? В ЛМШ будет работать уникальная команда преподавателей, составленная, с одной стороны, из высококлассных профессионалов работы с одарёнными школьниками, представляющих различные регионы России, а с другой – из бывших учеников ЛМШ – студентов, МГУ им. Ломоносова, НГУ и других сильнейших вузов.

Где и когда всё это будет? ЛМШ-2026 для желающих обучаться на химическом потоке состоится с 3 по 20 июля текущего года на базе КОГАОУ ДО ЦДООШ г. Кирова (далее – ЦДООШ). Проживать иногородние участники химических потоков будут в гостинице «Молодежной», расположенной в здании ЦДООШ.

Сколько это будет стоить? Стоимость участия – 71 000 рублей. Для победителей и призёров ВсОШ по химии текущего учебного года предусмотрены скидки в размере 10% от стоимости путёвки для победителей, 7% для призёров.

Кто организует ЛМШ? «Центр дополнительного образования одаренных школьников» (ЦДООШ). Контактные телефоны в Кирове (8332) 71-21-71 (доб. 3) (химическое отделение ЦДООШ). Адрес для писем: 610005, г. Киров, а/я 5, ЦДООШ. Контактный электронный адрес химического потока: chem@cdoosh.ru.

Как поступить в ЛМШ? Набор в ЛМШ – конкурсный. Для поступления на химический поток необходимо не позднее **5 мая** зарегистрироваться в качестве желающего поступить в ЛМШ и выслать на конкурс решения помещённых ниже заданий вступительной работы (дата отправки устанавливается по данным почтового сервера). Правила оформления и отправки вступительных работ помещены ниже.

Тем, кто имеет право на внеконкурсное зачисление, достаточно зарегистрироваться и подтвердить свое участие в смене не позднее 10 мая.

В случае регистрации на поток большого числа участников, имеющих право внеконкурсного зачисления, приоритетное право зачисления получают участники с более ранней регистрацией в личном кабинете.

Для регистрации нужно в личном кабинете на сайте ЦДООШ подать заявку для участия в выбранном потоке (химия) Летней многопредметной школы (летней химической школы). Вход в личный кабинет расположен на странице <https://lk.cdoosh.ru/>. Если личного кабинета ещё нет, его надо создать, нажав кнопку «Регистрация» на этой же странице. **Личный кабинет создается на имя родителя или иного законного представителя ребёнка, данные одного или нескольких детей вносятся в нем в разделе «Ваши дети».** Чтобы подать заявку на участие в ЛМШ, перейдите в раздел «Подать заявку». Выберите ребёнка, затем поток ЛМШ. Под списком всех мероприятий появится анкета – заполните её и нажмите кнопку «Отправить».

Сообщения о зачислении или отказе в зачислении в ЛМШ мы постараемся выслать авторам работ до **27 мая**. По работам, набравшим полупроходной балл, решение о зачислении может быть на некоторое время отложено. В случае равенства баллов разделение работ на проходные и полупроходные может быть проведено на основе даты отправки работ: более высокий рейтинг имеют работы с более ранней датой и временем отправки. **Работы, авторы которых не зарегистрировались, не рассматриваются.**

Организаторы ЛМШ оставляют за собой право выборочно проводить дополнительное тестирование абитуриентов.

Зачисленным в ЛМШ будут высланы соответствующие договоры. Подача заявки на поступление и отправка отправителю текста договора не обязывают стороны к его заключению, но отказ должен быть направлен другой стороне в разумный срок.

К конкурсу в ЛМШ-2026 не допускаются школьники, занесённые Оргкомитетом ЛМШ в стоп-лист (в частности, отчисленные из предыдущих ЛМШ без права поступления в 2025 году). Оргкомитет ЛМШ также оставляет за собой право независимо от результата конкурсной работы отказывать в зачислении учащимся, в отношении которых есть основания считать, что их обучение в ЛМШ несовместимо с принципами школы.

Завершение смены без сдачи зачета при отсутствии форс-мажорных причин (то есть плановое участие только в части смены) не допускается. В случае такого отъезда ученик попадает в стоп-лист на будущий год.

Кто зачисляется в ЛМШ без вступительной работы?

– победители и призёры (награждённые дипломами) заключительного этапа Всероссийской олимпиады школьников 2025/2026 учебного года по соответствующему предмету; жители зарубежных стран, награждённые дипломами I или II степени (или золотыми и серебряными медалями) заключительного этапа национальной олимпиады страны проживания 2025/2026 учебного года по соответствующему предмету (диплом III степени или бронзовая медаль национальной олимпиады права внеконкурсного зачисления не дают); результаты, показанные на зарубежных национальных олимпиадах, подтверждаются приложенной к анкете копией/сканом соответствующего диплома; копии дипломов Всероссийской олимпиады школьников прилагать не требуется.

Дипломы других олимпиад права на внеконкурсное зачисление учащимся из-за пределов Кировской области не дают.

О П О Т О К А Х

Химический поток. При обучении на химическом потоке предусмотрено проведение лекционных, семинарских и лабораторных занятий. Помимо групповой работы ведётся и индивидуальная. Для девятиклассников проводятся курсы по термохимии, электрохимии, строению вещества, теории растворов. Отдельно выделен курс решения задач по изученным разделам. Для старшеклассников проводятся курсы по органической, аналитической, неорганической и коллоидной химии, а также физическим методам исследования веществ. На занятиях химического практикума ребята приобретают умения работать с химическими веществами и оборудованием, планировать и проводить химический эксперимент и химические исследования. По окончании обучения всем учащимся предстоит выполнить задания заключительной олимпиады, а также сдать зачёты по всем проводимым курсам. Отличники учёбы получают персональное приглашение на следующий год.

КОНКУРСНАЯ ВСТУПИТЕЛЬНАЯ РАБОТА В ЛМШ-2026

Убедительная просьба к учителям: выдавать ученикам задания **только с приложением описанных ниже правил!** Не сделав этого, Вы сильно подведёте ребят: неправильно оформленная работа не будет допущена до участия в конкурсе.

Правила выполнения и оформления работ.

1. После номера каждой задачи в скобках указаны классы, для учащихся которых она предназначена. *По химии следует выполнять задания **только для своего класса***, тут не засчитываются задания как для более младших, так и для более старших классов.

2. Выполняя работу, нельзя прибегать к помощи других людей, в том числе решать задачи коллективно. Работы, выполненные с нарушением этого правила, исключаются из конкурса. Если же автор такой работы всё-таки попадёт в ЛМШ, и в процессе обучения обнаружится, что уровень его вступительной работы заметно выше фактического уровня самого ученика, он будет отчислен без права поступления в будущие ЛМШ. **За публикацию (включая перепост) или обсуждение решений вступительных заданий в Интернете, а также использование нейросетей при решении задач до окончания срока отправки работ виновные дисквалифицируются навсегда.**

3. На титульном листе каждой работы должны быть указаны сведения о её авторе: фамилия, имя, отчество, школа, класс, номера домашнего (если есть) и мобильного телефонов, контактный электронный адрес.

Перед решением каждой задачи **должен быть записан её номер. Условия задач переписывать в работу не нужно!**

Решения следует писать разборчиво, чётко, подробно. *Все утверждения, использованные в решениях, должны быть обоснованы. Если задача имеет несколько ответов, надо найти их все и доказать, что других ответов нет.*

Все обозначения, встречающиеся на чертежах, должны быть пояснены (введены) в тексте решения. Следует приводить как ответы в общем виде, так и их численные значения.

4. Правила отправки работ

4.1 Высылать вступительные работы нужно до 5 мая в электронном виде электронными письмами. Адрес для отправки работ по химии: chem@cdoosh.ru.

4.2 Работа высылается в виде приложения к письму, состоящего из **одного** хорошо читаемого файла **формата .pdf** объемом не больше 20 Мб. Файлы других форматов можно конвертировать в формат .pdf, например, по адресу <https://tools.pdf24.org/ru/pdf-converter>. Несколько файлов в формате pdf можно соединить в один в браузере (например, при помощи сайта <https://tools.pdf24.org/ru/merge-pdf>). Уменьшить объем слишком большого файла формата .pdf можно с помощью онлайн-сервиса https://www.ilovepdf.com/ru/compress_pdf.

Не принимаются письма, содержащие вместо вложенных файлов ссылки на файлы, размещенные в Интернете.

4.3 В поле «Тема» электронного письма с работой должны быть указаны: класс, в котором учится автор; город (село), где живёт автор; фамилия, имя и отчество автора (**именно в таком порядке!**)

Пример верно заполненного заголовка: *8 класс Екатеринбург Иванов Пётр Егорович.*

Пример неверно заполненного заголовка: *Вступительная работа в ЛМШ ученика 8 класса Иванова Петра.*

4.4 В крайнем случае, если возникла серьёзная необходимость что-то исправить или дополнить в уже отправленной работе, можно (не позднее 5 мая) отправить новую версию работы (**целиком**, а не только поправки!), указав в поле «Тема» письма после имени автора **«повторная»**, например: *8 класс Екатеринбург Иванов Пётр Егорович, повторная.* В таких случаях рассматривается только последняя версия работы, предыдущие игнорируются.

4.5 Работу можно выполнять либо сразу в электронном виде, либо на сначала бумажных листах **формата А4** (210×297 мм; **тетрадные листы крайне нежелательны**) с последующим сканированием (в крайнем случае, если нет никакой возможности выполнить сканирование, допускается фотографирование, но лучше все-таки найти возможность отсканировать).

Сканировать нужно с разрешением 150 dpi (файлы при таком разрешении обычно получаются объёмом не больше 400 Кб). **Перед отправкой работы убедитесь, что все страницы хорошо читаются!**

4.6 Отклоняются без рассмотрения работы, оформленные или высланные с нарушением правил:

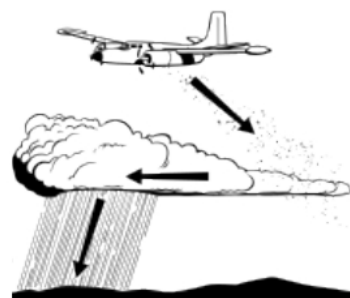
- ✓ отправленные позднее **5 мая**;
- ✓ отправленные частями в нескольких письмах;
- ✓ с неверно заполненным полем «Тема» электронного письма с работой;
- ✓ без указания на первой странице работы указанных выше в п. 3 анкетных данных автора;
- ✓ с использованием файлов недопустимого формата (см. выше п. 4.2) или слишком большого объёма;
- ✓ с изображениями низкого качества, плохо читаемые;
- ✓ содержащие вместо вложенных файлов ссылки на файлы, размещенные в интернете;
- ✓ работы, авторы которых не зарегистрировались в качестве желающих поступить в ЛМШ.

ЗАДАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ХИМИИ

Чтобы пройти по конкурсу, вовсе не обязательно решить все задачи! Даже если Вы решили немного – попробуйте испытать свои силы и послать работу. При отборе учитывается не только количество, но и качество решений. Кроме того, при равных баллах учитывается дата и время отправки работы.

Все ответы в Вашем решении должны быть обоснованы логически или подтверждены расчетами, формулы для расчета, если они не даны в условии, также должны быть приведены!!! В решении должен быть обязательно указан источник, откуда взяты формулы и определения, а также дополнительные данные, необходимые для решения задачи. Ответ без обоснования – 0 баллов!

1. (7) Переохлаждённые облака – это облака, в которых капли воды остаются жидкими при температурах до -40°C . Из таких облаков не идет ни дождь, ни снег. Они состоят из мельчайших капелек воды. Такие облака, согласно последним исследованиям, имеют аномально высокую плотность около 2 г/см^3 . Из таких облаков можно искусственно вызывать снегопад разбрасывая с самолета гранулы сухого льда. На обработку 1 км^3 воздуха в облаке при температуре -5°C и давлении 270 мм рт. ст. в среднем затрачивается 2 кг сухого льда.



Задания:

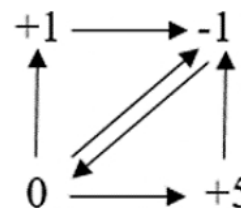
- Сколько молекул воды содержит капелька переохлажденного водяного пара диаметром 5 мкм .
- Какие явления вызывают искусственный снегопад, физические или химические?
- Из какого вещества состоит сухой лед? На сколько изменится содержание данного вещества в воздухе, когда исчезнут гранулы?
- Какие физические и химические процессы происходят при помещении гранулы сухого льда в воду при комнатной температуре. Приведите уравнения реакций.

2. (7) Перед вами пробирка в которой находится смесь солей S_1 и S_2 – белые кристаллические вещества. Известно, что у них одинаковый качественный состав. Но в соли S_1 на 3 атома водорода больше, чем в соли S_2 . Массовая доля водорода в соли S_2 равна $6,3\%$. При прокаливании солей выделились газы, один из которых имеет резкий запах. Газы пропустили через избыток раствора соляного спирта, при этом объем газовой смеси уменьшился на 60% . Определите процентное содержание солей в исходной смеси.

Задания:

- Определите вещества S_1 и S_2 Ответ подтвердите расчетами
- Определите процентное содержание солей в исходной смеси.

3. (7) Алхимики часто в переписках использовали не символы химических элементов для обозначения веществ, а специальные названия. Так одно из опасных газообразных веществ они называли «... духом». Перед вами схема превращения данного вещества.



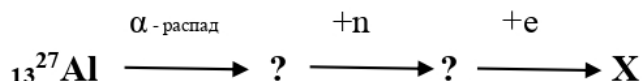
Задания:

- Для данной схемы подберите реальные химические уравнения с участием «... духа» и его соединений. Укажите условия протекания реакции.
- Что за цифры используются в этой схеме?
- Какое вещество называли «... духом»?

4. (7-8) В лаборатории проводили эксперимент с двумя газами. Лаборант сделал следующие пометки в журнале:

«Два простых вещества N_1 и N_2 находятся в газообразном состоянии. Если N_1 – это лёгкий, бесцветный газ без запаха, то N_2 , напротив, имеет характерную окраску и резкий запах. При их смешивании на свету образуется газ N_3 , который хорошо растворяется в воде. Если в полученный водный раствор N_3 поместить стружку металла X , то выделяется газ N_1 и образуется кристаллическое вещество K . То же самое соединение K синтезируется при непосредственном взаимодействии газа N_2 с металлом X .»

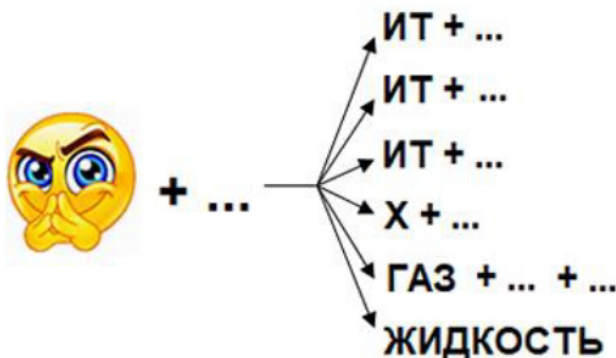
Если решишь цепочку превращения изотопа ${}_{13}^{27}\text{Al}$ узнаешь, что за металл вступает в реакцию с веществами N_2 и N_3 .



Задания:

- а) Определите вещества N_1 , N_2 , N_3 , K и X . Напишите формулы и названия.
- б) Составьте уравнения трёх описанных реакций.
- в) Какой объём газа N_1 (н. у.) выделился при взаимодействии раствора N_3 с металлом X , если известно, что в реакцию вступило 5,6л газа N_2 . Считайте, что выход на всех стадиях 100%?

5. (7-8) Предложите вещество, которое можно спрятать под смайликом. В результате некоторых химических реакции оно образует различные вещества: один газ, одно простое вещество, одну жидкость и три соли в названии, которых присутствует суффикс ИТ. Обратите внимание, что в состав всех этих веществ входит элемент, содержащийся в исходном веществе:



6. (7-8) В тигле находятся стружки трех металлов: меди, магния и железа как можно выделить из данной смеси стружки меди и железа, чтобы провести с ними следующие превращения:

- 1. Превращения с медными стружками:
 - 1) $\text{Cu} \rightarrow S_1 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$
 - 2) $\text{Cu} \rightarrow S_2 \rightarrow \text{CuO}$
 - 3) $\text{Cu} \rightarrow S_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$

Обращаем внимание, что продукты в превращениях нужно получить через вещества S_1 , S_2 и S_3 .

Массовые доли меди в веществах S_1 , S_2 и S_3 соответственно равны: 0,4; 0,34; 0,64.

- 2. Превращения с железными стружками:

К железным стружкам добавили концентрированную серную кислоту. Полученную соль разделили на две части. К первой части добавили избыток раствора каустической соды. После реакции раствор отфильтровали, а полученное на фильтре

вещество, прокалили. Полученный после прокаливания продукт сплавляли с оставшимися железными стружками.

Вторую часть соли растворили в воде и подвергли электролизу. Полученное в ходе электролиза твердое простое вещество нагрели до температуры 180°C и под давлением 15 МПа действовали газообразным бинарным веществом без цвета и запаха. В результате образовалась светло-желтая жидкость, не смешивающаяся с водой. Определите состав светло-желтой жидкости, если известно, что она содержит 28,57% элемента, атомами которого образовано твердое простое вещество, полученное при электролизе.

Задания:

а) Предложите два способа выделения железных и медных опилок из смеси в чистом виде.

б) Напишите уравнения реакций, необходимых для осуществления превращений 1) – 3). Обязательно укажите условия проведения реакций, признаки реакций и агрегатное состояние веществ. Определите вещества S_1 , S_2 и S_3 и дайте им названия по систематической номенклатуре.

в) Напишите уравнения четырех описанных реакций в тексте превращения с железными стружками. Обязательно укажите условия проведения реакций, признаки реакций и агрегатное состояние веществ.

г) Определите состав светло-желтой жидкости. Ответ подтвердите расчетами. Без расчетов ответ оцениваться не будет.

7. (7-9) Переработка литий-ионных аккумуляторов – важная технологическая задача. Как и любое устройство, аккумулятор со временем теряет свои эксплуатационные характеристики и нуждается в замене. Однако вещества, входящие в состав батареи, можно извлечь, пустить в повторное производство и сделать новую батарею.

Примем, что аккумулятор состоит из смеси веществ: Li_2O , CoO , NiO , MnO_2 , C . Предложите последовательность действий для разделения этой смеси и выделения каждого металла в чистом виде. Ответ представьте в виде схемы, сопроводите комментариями и напишите уравнения реакций в основе разделения.

8. (8-9) Возможны ли такие химические превращения. Ответ подтвердите уравнениями реакций. Обязательно укажите условия проведения реакций и признаки реакций.

а) Металл + Соль этого же металла

б) Кислота + Другая кислота

в) Соль + Другая соль, при взаимодействии получается кислота

г) При добавлении к раствору соли раствора азотной кислоты получается осадок, который не растворим в избытке данной кислоты.

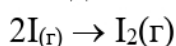
д) При добавлении к раствору соли раствора азотной кислоты получается осадок, который растворяется в избытке данной кислоты.

е) Получение соли, при взаимодействии соли и несолеобразующего оксида.

ж) Получение окрашенного газа действием на твердое вещество 1 водным раствором вещества 2 (при н.у.).

з) Газ + Газ, при н.у. в продуктах нет газообразных веществ.

9. (8-9) В диапазоне температур от 298 до 1000 К константу равновесия реакции



можно выразить уравнением

$$\lg K_p = -3,815 + 7823/T - 0,5\lg T \quad (K_p \text{ выражается в барах)}$$

а) Выведите уравнение зависимости энтальпии данной реакции от температуры. Рассчитайте энтальпию данной реакции при 300, 700 и 1000 К. Как она будет изменяться и почему?

б) Как изменится константа равновесия и выход продуктов данной реакции при 1) увеличении температуры, 2) увеличении внешнего давления.

в) Если при температуре 300 К внести в емкость объемом 2,00 л кристаллы йода (при таких условиях установилось равновесное давление $4,04 \cdot 10^{-4}$ бар). Рассчитайте концентрацию атомарного йода в атомах на литр. Какой информации не хватает, чтобы решение было однозначным?

г) При 1000 К рассчитайте степень диссоциации молекулярного йода если внешнее давление составит 1) 2 бар, 2) 100 бар.

д) Предложите наиболее вероятный механизм диссоциации йода. Каким будет порядок реакции диссоциации йода. Будет ли он отличаться при высоком и низком давлении в газовой фазе? Решение обоснуйте с помощью соответствующего кинетического уравнения используя метод стационарных концентраций. Какой вид будет иметь кинетическое уравнение, если в реакционной системе будут присутствовать молекулы некоторого инертного газа?

10. (8-9) Процесс окисления диоксида серы до триоксида серы – ключевая стадия производства серной кислоты. Типичные реакторы для синтеза SO_3 поддерживают температуру около 450 °С, давление около 1 атм (в современных контактных аппаратах) и содержат катализатор.

Задания:

а) Какой катализатор обычно используется в реакторах для окисления SO_2 до SO_3 ?

б) В приведённой ниже таблице заполните пропуск (знаки «?»). Кратко обоснуйте, почему выбрано именно это значение.

Вещество	$\Delta_f H_{298}^\circ$, кДж/моль	S_{298}° , Дж/(моль·К)	$C_{p,298}$, Дж/(моль·К)
SO_2 (г.)	-296,8	248,1	39,9
O_2 (г.)	?	205,0	29,4
SO_3 (г.)	-395,8	256,2	50,7

в) С учётом приведённых выше данных укажите, является ли реакция синтеза SO_3 экзо- или эндотермической? Ответ подтвердите расчётом.

г) Напишите уравнение реакции (коэффициенты – минимальные целые числа). Рассчитайте константу равновесия этой реакции при температуре 298 К.

д) Пересчитайте константу равновесия при температуре синтеза (450 °С). Определите, в какую сторону сместится равновесие в стандартных условиях при повышении температуры. Выполните расчёт в двух приближениях:

(I) независимость энтальпии и энтропии реакции от температуры;

(II) учёт зависимости теплоёмкости веществ от температуры

(приближение $\Delta_r C_p = \text{const}$).

Сделайте вывод о смещении равновесия.

е) Типичный состав газовой смеси на входе в первый слой катализатора:

Диоксид серы: 10%

Кислород: 10%.

Азот: 80%

При найденной константе равновесия (используйте результат приближения II) рассчитайте равновесный состав в атмосферах. Оцените степень превращения SO_2 , считая, что процесс идёт при постоянном объёме, а начальное давление газовой смеси равно 1 атм.

Указание: напишите уравнение, связывающее равновесные давления и константу равновесия, полученное уравнение решите численно.

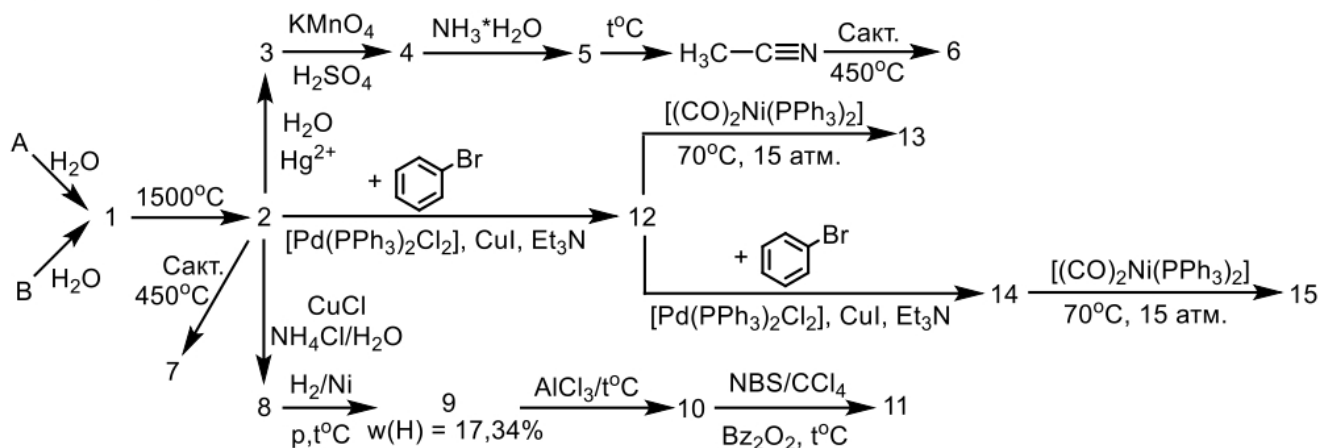
ж) С учётом результатов предыдущих пунктов заполните таблицу, указав влияние каждого параметра на положение равновесия и на скорость достижения равновесия.

Параметр	Положение равновесия	Скорость прихода к равновесию
Повышение температуры		
Повышение давления		
Добавление катализатора		

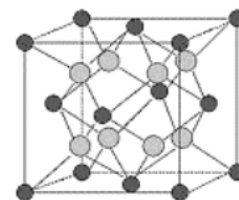
Примечание. При выполнении расчётов можно пользоваться справочными термодинамическими данными, приведёнными в таблице к пункту Б. Стандартное состояние газов – идеальный газ при давлении 1 бар (1 атм).

11. (9-10) Реакция Зелинского – один из старейших способов получения ароматических соединений. Однако эта реакция прошла долгий путь от единичных успешных опытов до удобного синтетического инструмента. Так, в 1866 году французский химик Марселен Бертло, пропуская вещество «2» через раскаленные медные трубки, получил с небольшим выходом вещество «7». Работы Бертло продолжил Н.Д. Зелинский и позднее показал, что при пропускании «2» через нагретый активированный уголь удастся получить «7» в гораздо большем количестве.

В 1948 году немецкий химик Реппе нашёл гораздо более эффективный катализатор – комплексное соединение никеля. Это позволило проводить реакцию при небольших температурах, но при повышенном давлении. Выход продуктов при этом достигает 90%. Комбинация этих реакций позволяет получить ряд интересных соединений «6», «13» и «15».



Для лабораторного получения соединения «1» ($\rho = 0,7142$ г/л при н.у.) могут быть использованы карбиды А и В, содержащие элементы X ($w(X) = 60,01\%$) и Y ($w(Y) = 80,19\%$), соответственно. Эти карбиды имеют одинаковую структуру, представленную на рисунке. Карбид А получают прямым взаимодействием простых веществ. Для получения карбида В спекают галогенид С ($w(Y) = 39,01\%$) с широко распространенным карбидом D, содержащим элемент Z ($w(Z) = 62,52\%$) и окрашивающим пламя в кирпично-красный цвет. При этом образуется соединение E, которое при нагревании превращается в другой распространенный карбид F, способный гидролизаться с образованием соединения G, которое дает серо-желтый осадок с реактивом Толленса. Нагреванием F удастся получить карбид В.



Задания:

а) Установите формулы веществ А-Г. Ответ подтвердите расчетом и представьте в формате «буква - формула».

б) Напишите уравнения реакций получения карбидов А и В.

в) Осуществите цепочку превращений. Ответ представьте в формате «цифра – структура»

г) Что образуется при взаимодействии карбида **D** с концентрированной азотной кислотой? Напишите уравнение реакции.

д) Напишите уравнение реакции «3 → 4».

е) Известно, что при проведении реакции Зелинского с использованием вещества «2» в условиях, предложенным Реппе, образуется побочный продукт **S**. Вещество **S** является продуктом крупнотоннажного синтеза и используется в производстве полимерных материалов для изготовления, например, одноразовой посуды или пенопласта. О каком веществе идет речь? Изобразите структуру вещества **S** и приведите его тривиальное название. Дополнительно известно, что для образования одной молекулы **S** требуется четыре молекулы «2».

12. (9–10) Вещества **A** и **B**, содержащие металлы **X** и **Y** соответственно, используют для имитации металла **Z**. Навески **A** и **B** массой 1.000 г прокалили в токе газа **B** (реакции 1, 2), при этом образовались газы **Г** и **Д**, причем плотность газа **Д** по **Г** равна 2.286, а массы твердого остатка составили 1.291 г и 0.825 г, соответственно. Если же прокалить навески **A** и **B** той же массы в токе газа **E**, то при прокаливании навески **A** (реакция 3) образуется газ **Г** и жидкость **Ж**, плотность паров **Ж** по **Г** равна 6.781, а при прокаливании **B** в токе **E** (реакция 4) образуется вещество **З** и желтое простое вещество, способное реагировать с избытком **E** (реакция 5).

При попытке растворить вещества **A** и **B** в концентрированной HNO_3 с навеской **A** ничего не произошло, а с **B** (реакция 6) выпадает белый осадок и образуется раствор, при добавлении к которому раствора BaCl_2 (реакция 7) выпадает белый осадок.

Задания:

а) Определите вещества **A–E**, металлы **X**, **Y** и **Z**, если дополнительно известно, что **B** и **E** – простые вещества, а **B** – один из основных компонентов воздуха. Приведите ваши расчеты и рассуждения.

б) Напишите 7 уравнений реакций.

в) Напишите уравнения реакций: 1) **B** с раствором Na_2S ; 2) **З** с $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ на холоду; 3) **Ж** с водой.

13. (10) Один из древнейших, но не потерявших свою актуальность, способ получения этанола заключается в спиртовом брожении углеводов под действием ферментов дрожжей. Этот многостадийный процесс на небольших промежутках изменения температур подчиняется уравнению Аррениуса. Эффективные константы скорости процесса брожения на участке с максимальной скоростью при двух температурах приведены в таблице:

t, °C	k (час ⁻¹)	Максимальная скорость ферментации глюкозы, (г/л)/день
30	0,200	31,8
15	0,030	5,3

Задания:

а) Напишите уравнение реакции спиртового брожения глюкозы

б) Рассчитайте энергию активации для данного процесса

в) Где процесс спиртового брожения идет быстрее: на холодном зимнем балконе или у радиатора отопления в квартире?

г) Как Вы считаете, можно ли по этим данным оценить скорость процесса брожения при температуре выше 100°C? Ниже 0°C? Почему?

Этанол может быть получен в лаборатории в результате омыления этилацетата гидроксидом натрия.

д) Приведите уравнение данного процесса

Для этой реакции получены следующие кинетические данные:

Время, мин	3	5	7	10	15	25
C_{NaOH} , ммоль/л	7.40	6.34	5.50	4.64	3.63	2.54

е) Исходные концентрации щелочи и эфира одинаковы и равны 10 ммоль/л. Определите порядок реакции и константу скорости. Порядок реакции считать целочисленным.

14. (10) Химик-синтетик передал в лабораторию физических методов исследования три образца (А, В, С и D) с одинаковой массой молекулярного иона (по данным масс-спектрометрии низкого разрешения) $m/z = 74$. Элементный анализ показал наличие углерода, водорода и кислорода

Однако спектры протонного магнитного резонанса (^1H ЯМР), снятые на приборе с частотой 300 МГц в растворе CDCl_3 , оказались разительно отличающимися. К сожалению, лаборант перепутал подписи к спектрам. Вам предстоит восстановить соответствие.

Спектр 1

Два синглета с $\delta = 3.70$ м. д. и $\delta = 2.03$ м. д. с одинаковыми интегралами

Спектр 2.

Синглет $\delta = 9.44$ м. д. интеграл 1.00

Квартет $\delta = 4.11$ м. д. ($J = 7.1$ Гц) интеграл 2.00

Триплет $\delta = 1.15$ м. д. ($J = 7.1$ Гц) интеграл 3.00

Спектр 3

Синглет $\delta = 11.42$ м. д. интеграл 1.00

Квартет $\delta = 2.35$ м. д. ($J = 7.0$ Гц) интеграл 2.00

Триплет $\delta = 1.04$ м. д. ($J = 7.0$ Гц) интеграл 3.00

Спектр 4

Синглет $\delta = 4.18$ м. д. интеграл 2.00

Синглет $\delta = 3.35$ м. д. ($J = 7.0$ Гц) интеграл 1.00

Синглет $\delta = 2.05$ м. д. ($J = 7.0$ Гц) интеграл 3.00

Результаты проведения исследований образцов методом ИК-спектроскопии:

Образец А: Широкая интенсивная полоса $3300\text{-}3500\text{ см}^{-1}$, Интенсивная узкая полоса 1724 см^{-1} .

Образец В: Широкая интенсивная полоса $2900\text{-}3100\text{ см}^{-1}$ Интенсивная узкая полоса 1716 см^{-1} .

Образец С: Интенсивная узкая полоса 1725 см^{-1} ,

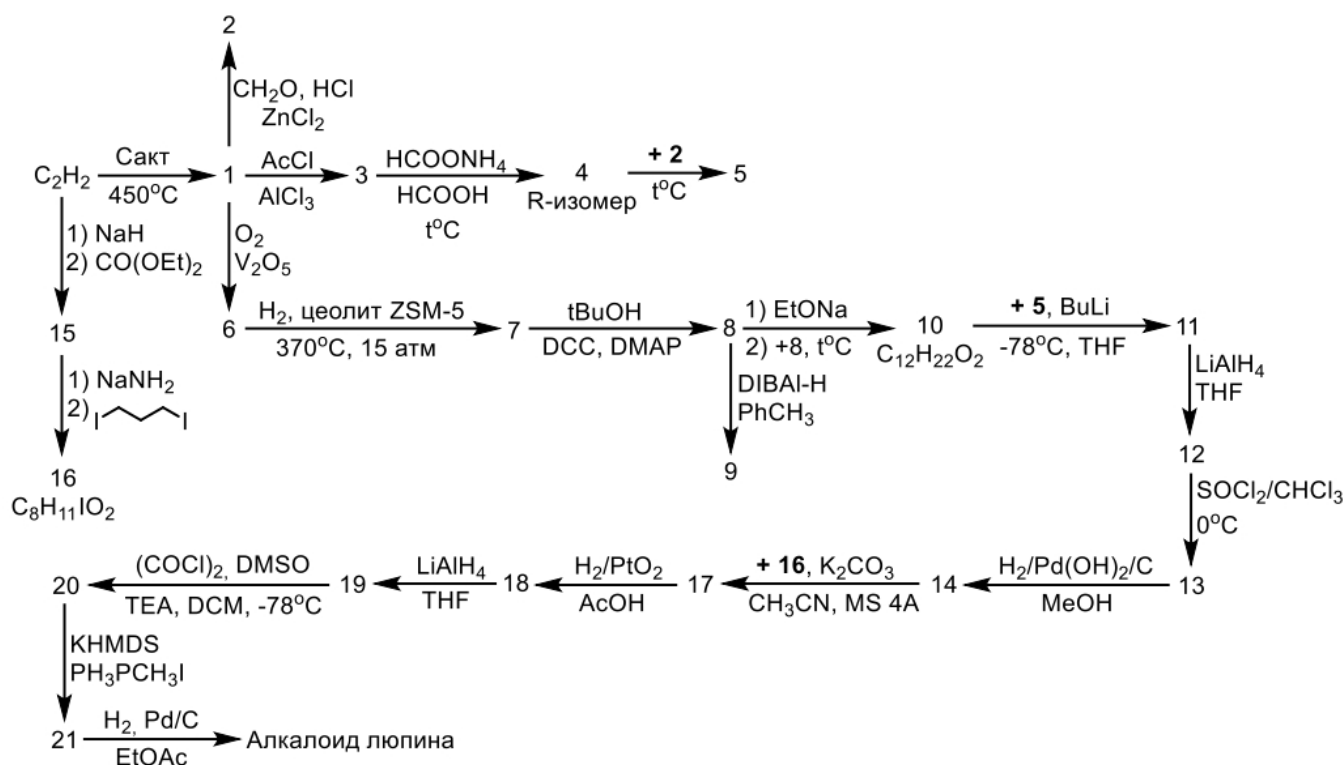
Образец D: Интенсивная узкая полоса 1746 см^{-1} ,

Задания:

а) Рассчитайте брутто-формулу для этих изомеров

б) Изобразите структурные формулы веществ А-D, соотнесите их с ЯМР спектрами 1-4.

15. (10) Алкалоиды люпина уже на протяжении почти 100 лет не оставляют равнодушными химиков-органиков! Почти каждый год удается повторить синтез одного из алкалоидов для фармацевтической промышленности – алкалоиды находят применение от биологически-активных добавок в пищу до противовирусных, антибактериальных препаратов и препаратов для лечения онкологических заболеваний. Синтез одного из фармацевтических алкалоидов представлен на схеме:



О веществах и превращениях на схеме дополнительно известно:

- Вещество 4 проявляет основные свойства;
- В ^1H ЯМР спектре вещества 7 есть сигналы: 0.98 (т, 3H), 1.67 (м, 2H), 2.34 (т, 2H), 11.02 (с, 1H, исчезает в D_2O);
- Вещество 17 содержит 2 цикла – пяти- и шестичленный и является результатом трех превращений: одного меж- и двух внутримолекулярных.

Задания:

а) Приведите структуры веществ. Ответ представьте в формате «число – структура».

б) Как разделить стереоизомеры вещества 4?

в) Напишите механизм превращения 14→17.

г) Действие на вещество 6 водного раствора гидроксида натрия приводит к образованию вещества б', которое можно подвергнуть электролизу с образованием вещества б''. Изобразите структуры веществ б' и б''. Приведите механизм образования вещества б''.

д) Предложите метод синтеза 1,3-диодпропана, исходя из коммерчески доступных C_1 , C_2 органических веществ.

16. (10) Бесцветные кристаллы соли **A**, растворимые в воде, обесцвечивают раствор йода в щелочной среде. Образовавшаяся в ходе этой реакции соль **B** дает коричневый осадок **C** с AgNO_3 . В реакции соли **B** с MgCl_2 в растворе аммиака образуется белый осадок **D**.

Соль **A** с тиосульфатом натрия в кислой среде образует желтый осадок **E**, который в реакции с полисульфидами аммония дает соединение **F**, нерастворимое в воде и соляной кислоте. При сжигании желтого соединения **E** в атмосфере хлора образуется два бинарных соединения: желтая маслянистая жидкость **G** и бесцветная летучая жидкость **H**. При хлорировании **H** под действием ультрафиолета образуется **I**, которое разлагается при -50°C .

Соединение **J** в жидком SO_2 может окислить **Vi** с образованием **K** ($w(\text{X}) = 12.92\%$) (реакция 1). Вещество **J** образуется при фторировании **X**, а трехзарядный катион соединения **K** имеет форму тригональной бипирамиды.

Если к раствору соли **В** прилить азотнокислый раствор соли **М**, то можно получить интересное соединение **L** ($w(\text{X}) = 3.83\%$) (реакция 2).

Соль **М** может быть получена после растворения в аммиаке продукта щелочного вскрытия металла **У**. В сильноокислой среде из раствора **М** выпадает белый осадок **Н**. При добавлении в солянокислый раствор соли **М** хлорида олова(II) раствор приобретает интенсивно синюю окраску.

Задания:

а) Определите формулы веществ **А – I** и элемент **X**, который входит в состав всех этих соединений, кроме **G**, если известно, что вещества **А** и **В** являются натриевыми солями, растворы которых при добавлении фенолфталеина меняют окраску, а вещество **I** представляет собой бесцветную жидкость.

б) Вещество **Е** встречается в природе в виде минерала. Приведите его название.

в) Определите формулы веществ **Ж – N** и металл **У**.

г) В честь какого ученого названа структура аниона **L**? Как называется азотнокислый раствор **М**? Как называются ионы аналогичные катиону **P**?

д) Напишите уравнения реакций 1 и 2.

Работу составили: *И.А. Алалыкина, М.А. Бакулева, И.Д. Кормициков, М.С. Панов.*