

# КИРОВСКАЯ ЛЕТНЯЯ МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА (ЛМШ) ОБЪЯВЛЯЕТ НАБОР УЧАЩИХСЯ НА ИЮЛЬ 2022 ГОДА

## О ШКОЛЕ

**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*. Каждый ученик может учиться только на одном потоке. **На математический поток принимаются учащиеся, окончившие 6, 7, 8, 9 или 10 класс, биологический — окончившие 7, 8, 9 или 10 класс, на физический и химический — окончившие 8, 9 или 10 класс.**

Обучение состоит из регулярных ежедневных занятий с 9.00 до 13.00 (+ 2 часа после обеда для групп «профи»), а также проводимых во второй половине дня соревнований по предметам, консультаций, кружков, лекций и факультативов. Численность учебной группы обычно не более 20 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 2021 год. Полезная информация об ЛМШ, особенно о её биологическом отделении, есть также на сайте <http://bioturnir.ru/sms/main>, а о её физическом отделении в группе <https://vk.com/smsphysics> (группа закрытая, для просмотра надо подать заявку на вступление). Познакомиться с мнениями об ЛМШ её учеников и преподавателей, посмотреть фотографии, сделанные в школе, можно в сообществе социальной сети vk.com *ЛМШ Киров* (<http://vk.com/club41447>) и других.

**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, на математическом и физическом потоках 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*;

– *каждый преподаватель является одновременно и воспитателем в своей учебной группе*: неизбежное в таких условиях тесное повседневное общение преподавателей с учениками позволяет последним воспринимать *стиль мышления и поведения* своих учителей.

**Так тут с утра до ночи учатся?** Учатся в ЛМШ немало. Но умеют здесь и отдыхать. После каждых четырёх учебных дней — один выходной. Для желающих работают различные клубы, факультативы и кружки, проводятся конкурсы, викторины и т.п.; очень популярен клуб интеллектуальных игр. Немало спортивных занятий, проводятся первенства по футболу, волейболу, настольному теннису и другим видам спорта.

**Кто ездит в ЛМШ?** Ныне Кировская ЛМШ — всероссийский и международный лагерь. В последней из «доковидных» ЛМШ-2019 вместе со 101 кировчанином учились 337 школьников из 36 регионов России, а также ребята из Казахстана. В нашей ЛМШ учились многие победители и призёры заключительных этапов Всероссийских и международных олимпиад по математике, физике, химии и биологии за последние годы.

**ЛМШ — только для вундеркиндов?** Да откуда же взять больше 400 вундеркиндов? В ЛМШ может попасть любой, кто любит и умеет решать математические задачи, ставить физические и химические опыты, изучать живую природу: 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.

**А кто тут преподает?** В ЛМШ сложилась 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, ВШЭ, МФТИ, СПбГУ и других сильнейших вузов. Кроме того, в ЛМШ случаются интересные гости.

**Где и когда всё это будет?** ЛМШ-2022 состоится с 1 по 26 июля текущего года на базе Детского оздоровительного лагеря «Вишкиль» Котельничского района Кировской области, где она проводится с 1997 года.

Лагерь «Вишкиль» находится в сосновом бору, на берегу реки Вятки, в 25 км от ст. Котельнич. Бытовые условия — скромные, но приемлемые: комнаты на 2-5 человек в деревянных корпусах, есть водопровод, клуб, баня, спортплощадки, возможность пользоваться электронной почтой. Есть покрытие мобильной связью компаний МТС и Tele-2.

**Сколько это будет стоить?** Стоимость путёвки — 66000 рублей. Для победителей и призёров ВсОШ по профильным предметам текущего учебного года, а также заключительного этапа олимпиады им. Л. Эйлера и Дж. Максвелла текущего учебного года предусмотрены скидки в размере 10% от стоимости путёвки для победителей, 7 % для призёров заключительного этапа ВсОШ и дипломантов 2 степени олимпиад Л. Эйлера и Дж. Максвелла, а также 5% для обладателей диплома 3 степени олимпиад Л. Эйлера и Дж. Максвелла. Дополнительно для победителей и призёров заключительного этапа ВсОШ по биологии 2021/22 учебного года предусмотрена скидка 10000 рублей для победителей и 5000 рублей для призёров за счёт средств спонсоров.

**Кто организует ЛМШ?** «Центр дополнительного образования одаренных школьников» (ЦДООШ). Контактные телефоны в Кирове: (8332) 35-15-03 (ЦДООШ), (8332) 36-43-19 (математическое отделение ЦДООШ), (8332) 35-15-03 (физическое отделение ЦДООШ), 36-00-63 (химическое отделение ЦДООШ), (8332) 36-10-56 (биологическое отделение ЦДООШ). Адрес для писем: 610005, г. Киров, а/я 5, ЦДООШ. Контактный электронный адрес: center@extedu.kirov.ru (ЦДООШ) (вступительные работы на этот адрес высылать не следует, для этого есть специальные адреса, указанные ниже в правилах отправки работ). Факс: (8332) 35-15-04 (ЦДООШ).

**Как поступить в ЛМШ?** Набор в ЛМШ — конкурсный. **Для поступления на математический, физический и химический потоки необходимо не позднее 1 мая, а на биологический поток – не позднее 9 мая зарегистрироваться в качестве желающего поступить в ЛМШ и выслать на конкурс решения помещённых ниже заданий вступительной работы по выбранному предмету** (дата отправки устанавливается по данным почтового сервера или почтовому штемпелю). Правила оформления и отправки вступительных работ помещены ниже. Тем, кто имеет право на внеконкурсное зачисление, достаточно зарегистрироваться.

Для регистрации нужно в личном кабинете на сайте ЦДООШ подать заявку для участия в выбранном потоке (биология, математика, физика, химия) Летней многопредметной 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 или направляющим их в ЛМШ организациям до 25 мая. По работам,

набравшим полупроходной балл, решение о зачислении может быть на некоторое время отложено. **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 подателю текста договора не обязывают стороны к его заключению, но отказ должен быть направлен другой стороне в разумный срок.

К конкурсу в ЛМШ-2022 не допускаются школьники, занесённые Оргкомитетом ЛМШ в стоп-лист (в частности, отчисленные из предыдущих ЛМШ без права поступления в 2022 году или получившие неудовлетворительную оценку на зачёте в ЛМШ-2021). 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.

**Отъезд из лагеря без сдачи зачета при отсутствии форс-мажорных причин (то есть плановый приезд в лагерь на часть смены) не допускается. В случае такого отъезда ученик попадает в стоп-лист на будущий год.**

### **Кто зачисляется в ЛМШ без вступительной работы?**

▪ *на все потоки:*

победители и призёры (награждённые дипломами) заключительного этапа Всероссийской олимпиады школьников 2021/2022 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* 2021/2022 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, так как оргкомитету доступны списки её результатов;

учащиеся ЛМШ-2021, получившие по итогам обучения персональное приглашение в ЛМШ-2022 *по соответствующему предмету* (в том числе *на математическом потоке* — все, получившие на зачёте оценку не ниже 5–, и учащиеся групп «профи», получившие на зачёте оценку не ниже 4+); список таких учащихся размещён в сети Интернет на страничке ЛМШ.

▪ *кроме того, на математический поток:*

обладатели дипломов I, II и III степени традиционной Санкт-Петербургской математической олимпиады (<http://www.pdmi.ras.ru/~olymp/current.html>), заключительного этапа олимпиады им. Леонарда Эйлера ([www.matol.ru](http://www.matol.ru)) и личной олимпиады 24-го Кубка памяти А. Н. Колмогорова 2021/22 учебного года;

обладатели дипломов I и II степени традиционной Московской математической олимпиады (<http://olympiads.mcsme.ru/mmo/>) 2021/22 учебного года, дипломов I и II степени или дипломов победителей личных олимпиад 57-го и 58-го Уральских Турниров юных математиков; *дипломы III степени Уральских турниров юных математиков и традиционной Московской математической олимпиады права на внеконкурсное зачисление не дают.*

▪ *кроме того, на физический поток:*

победители и призёры состоявшихся в 2021/22 учебном году Международной естественнонаучной олимпиады юниоров (IJSO-2022), дипломанты I и II степени в личном первенстве Кировского Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ», победители и призёры заключительного этапа олимпиады им. Дж. Максвелла.

- *кроме того, на биологический поток:*

победители, занявшие первые три места в рейтинге личного первенства региональных этапов Всероссийского Турнира юных биологов в гг. Москве, Санкт-Петербурге, Кирове, Новосибирске, Казани, Екатеринбурге, Калуге, Якутске, Волгограде, Воронеже, Тюмени, Челябинске, состоявшихся очно в 2021/22 учебном году, обладатели дипломов 1 степени заключительного этапа Олимпиады «Физтех» по биологии 2021/22 учебного года.

**Дипломы других олимпиад (в частности, регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников и Московского математического праздника), а также похвальные грамоты и похвальные отзывы любых олимпиад права на внеконкурсное зачисление учащимся из-за пределов Кировской области не дают.**

## О П О Т О К А Х

**Математический поток.** В начале обучения проводится тестирование, по итогам которого (с учётом «олимпийской биографии») во всех классах, кроме 6-го, выделяется группа «профи» с повышенным уровнем обучения. Возможно, в этом году отбор в группы «профи» в некоторых классах будет проводиться также с помощью дополнительного домашнего задания, рассылаемого в июне. Обучение дифференцировано по степени подготовленности учеников, но даже в группах для начинающих его уровень достаточно высок. При этом во главу угла ставится обучение *не фактам, а идеям и методам их применения.*

В конце смены все учащиеся участвуют в устной заключительной олимпиаде, а затем, после интенсивной подготовки, сдают итоговый экзамен, который в ЛМШ по традиции называется «зачётом». Несмотря на скромное название, этот экзамен весьма суров (человек, нормально ответивший на билет, получает только тройку, а для повышения этой оценки ему надо решить несколько задач возрастающей сложности, верное решение каждой из которых повышает оценку в среднем на полбалла), однако из года в год большинство учеников сдают его на 4 и 5.

**Физический поток.** Вступительное тестирование и (в 9 и 10 классах) выделение групп «профи» проводятся так же, как на математическом потоке. Половина занятий посвящена решению теоретических олимпиадных задач, а половина отводится для решения экспериментальных олимпиадных задач. Темы большинства занятий соответствуют школьной программе, но наряду с этим изучаются, например, динамика вращательного движения (9 класс), термодинамика конденсированных систем (10 класс) и т.п. Кроме учебных занятий проводятся факультативы, в том числе «Математика для физиков», физбои, олимпиады. Во внеучебное время для желающих проводятся индивидуальные консультации. По окончании учёбы вычисляется рейтинг учащихся, желающие повысить его сдают зачёт. Отличники учёбы получают персональное приглашение на следующий год.

**Химический поток.** Целью обучения является углубление и расширение теоретических знаний по химии, развитие навыков экспериментальной работы и научно-исследовательских умений. Программой обучения 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.

**Биологический поток.** Целью обучения является углубление и расширение теоретических знаний по биологии, развитие навыков научно-исследовательской работы, умений работы с биологическими объектами в естественных и лабораторных условиях. Программой обучения предусмотрено проведение лекционных, практических, лабораторных занятий, экскурсий. Помимо групповой работы ведётся и индивидуальная. Для семиклассников планируется проведение теоретико-практических курсов по морфологии растений и зоологии беспозвоночных, включающих элементы научно-исследовательской работы в природе. Для восьмиклассников – курсы по анатомии и систематике растений, зоологии беспозвоночных и позвоночных, гистологии. На лабораторных занятиях ребята учатся делать срезы различных органов растений, биологический рисунок, готовить временные микропрепараты, определять растения, анализировать их морфологическое строение, монтировать гербарий, определять беспозвоночных и позвоночных животных. Для старшекласников — курсы по анатомии и физиологии человека, эмбриологии, биохимии, генетике, физиологии растений, молекулярной и клеточной биологии, эволюции. По окончании обучения всем учащимся предстоит выполнить задания заключительной олимпиады, а также сдать зачёты по всем проводимым курсам.

## КОНКУРСНЫЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ В ЛМШ-2022

**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 математике и физике* можно выполнять задачи и для классов старше своего, но задачи для классов младше своего — не нужно, их решения учитываться не будут. *По химии и биологии* следует выполнять задания **только для своего класса**, тут не засчитываются задания как для более младших, так и для более старших классов.

**2. Выполняя работу,** можно пользоваться литературой (в решениях в таком случае должны быть приведены соответствующие ссылки), но *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 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!*

Решение каждой задачи *по биологии* необходимо выполнять в отдельном файле или на отдельном листе А4, перед каждым решением должен быть указан номер задачи и ФИО участника.

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. В задачах по физике следует приводить как ответы в общем виде, так и их численные значения.

## 4. Правила отправки работ.

**4.1 Высылать вступительные работы нужно в электронном виде электронными письмами.** Адреса для отправки работ: поступающие на математическое отделение — [mathksms@gmail.com](mailto:mathksms@gmail.com) с копией на [mathksms@vandex.ru](mailto:mathksms@vandex.ru), поступающие на физическое отделение — [smsphys@gmail.com](mailto:smsphys@gmail.com) с копией на [physcdoosh2020@mail.ru](mailto:physcdoosh2020@mail.ru), поступающие на химическое отделение — [smschemkirov@gmail.com](mailto:smschemkirov@gmail.com), поступающие на биологическое отделение — [sms2022vst@bioturnir.org](mailto:sms2022vst@bioturnir.org) с копией на [bio@cdoosh.ru](mailto:bio@cdoosh.ru).

**4.2** Работа высылается в виде приложения к письму, состоящего из одного или нескольких файлов. Допускаются файлы **только** форматов .txt, .doc, .docx, .pdf, .jpg, .tif, .png. Объем каждого вложенного файла должен быть не больше 5 Мб (при этом **общий объем вложенных файлов может превышать 5 Мб**), суммарный объем вложенных файлов — не более 20 Мб (письма объемом больше 25 Мб gmail не принимает!). Файлы графических форматов .pdf, .jpg, .tif, .png *должны быть хорошо читаемыми*.

В работах *по биологии* каждый файл необходимо называть так: <класс участника>-<номер задачи>-<фамилия участника>, например, *9-10-Иванова*.

**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 каждом письме должна быть работа только по одному предмету, причём **целиком: мы не хотим и не будем выискивать и соединять части работы, отправленной несколькими письмами**. В крайнем случае, если возникла серьёзная необходимость что-то исправить или дополнить в уже отправленной работе, можно (**не позднее 1 мая для абитуриентов математического, физического и химического потоков и 9 мая — для биологического потока!**) 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 объемом не больше 400 Кб). При выполнении работы на бумаге постарайтесь (за исключением работы по биологии) обойтись возможно меньшим числом листов — чем меньше будет файлов с работой, тем легче будет проверяющим — либо соединить все файлы с решениями в один. **Перед отправкой работы убедитесь, что все файлы хорошо читаются!**

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

- ✓ по математике, физике и химии отправленные позднее 1 мая, по биологии — отправленные позднее 9 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 по биологии, оформленные с нарушением описанных выше в пп. 3 и 4.2 специальных требований;
- ✓ работы, авторы которых не зарегистрировались в качестве желающих поступить в ЛМШ.

**4.7** Работу, отправленную электронным письмом, **обычной почтой дублировать не нужно!**

## ЗАДАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО МАТЕМАТИКЕ

*Не забывайте обосновывать ответы: ответ без обоснования ценится много ниже!*

**1** (6). На дороге через равные промежутки расположены пункты А, В, С, D, Е и F. Вася хочет доставить посылку из пункта А в пункт F и вернуться обратно. Петя хочет доставить посылку из пункта F в пункт А и вернуться обратно. Они стартовали одновременно и в первый раз встретились в пункте С. Скорости обоих постоянны. В каком месте произойдёт их вторая встреча?

**2** (6). Кубик окрасили, а потом распилили на 27 одинаковых кубиков. Во сколько раз общая площадь неокрашенной поверхности этих кубиков больше общей площади их окрашенной поверхности?

**3** (6-7). Если записать все цифры даты 10 января 1001 года подряд, получится число 10011001, которое читается одинаково слева направо и справа налево. Такие числа называются *палиндромами*. А сколько всего дат-палиндромов было в XI веке (с 1001 по 1100 год)?

**4** (6-8). Разрежьте квадрат площади 9 на 5 частей, из которых складываются два квадрата: один — площади 5, а другой — площади 4.

**5** (6-7). Сейчас между часовой и минутной стрелками часов прямой угол. Каким он может стать через 15 минут (укажите все возможности)?

**6** (6-8). Каждый из нескольких стоящих в ряд людей – рыцарь или лжец, причём в ряду есть и те, и другие. Рыцари всегда говорят только правду, а лжецы всегда лгут. Пятеро из них на вопрос: “Верно ли, что все люди, стоящие справа от Вас, – рыцари, а все люди слева от Вас – лжецы?” ответили “Да”, а остальные – “Нет”. Сколько лжецов может быть в ряду?

**7** (6-9). В алфавите языка Мумбо-Юмбо 4 буквы: а, б, в, г. Эллочка решила все слова закодировать цифрами 1 и 2, заменяя каждую букву соответствующим числом: а→1, б→22, в→212, г→112. Существуют ли два различных слова, кодируемые одним и тем же числом?

**8** (6-9). Десять чисел (среди которых могут быть и одинаковые) записали в ряд. Затем под каждым числом написали, сколько в этом ряду чисел, меньших него. Получился новый ряд из десяти чисел. Мог ли при этом получиться ряд **а)** 9 0 0 2 5 3 6 3 6 6? **б)** 5 6 1 1 4 8 5 8 0 1?

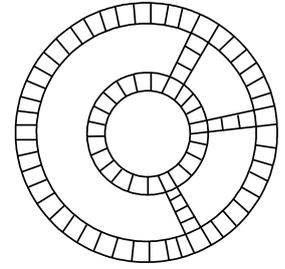
**9.** Каждое из 2022 положительных чисел меньше 1, а их сумма равна 5. **а)** (6-8). Докажите, что эти числа можно таким образом разбить на три группы, что сумма чисел в каждой группе будет больше 1. **б)** (6-8) Останется ли предыдущее утверждение верным, если разбивать надо не на три группы, а на четыре? **в)** (8-10) Каждое из миллиона положительных чисел меньше 1, а их сумма равна 2022. При каком наибольшем  $n$  эти числа можно с гарантией разбить на  $n$  групп таким образом, что сумма чисел в каждой группе будет больше 1?

**10** (6-10). Пусть запись  $a \bullet b$  означает наибольшее из чисел  $2a$  и  $a+b$ , а запись  $a \blacklozenge b$  — наименьшее из чисел  $2a$  и  $a+b$  (если же  $a = b$ , то  $a \bullet b = a \blacklozenge b = 2a = 2b$ ). Решите уравнение  $(x \blacklozenge 1011) \blacklozenge 2022 = 2022 \bullet (1011 \bullet x)$ .

**11** (7-10). В треугольнике  $ABC$  высота  $AH$ , биссектриса  $BL$  и медиана  $CM$  пересекаются в одной точке. Обязательно ли треугольник  $ABC$  — равносторонний?

**12** (7-10). Есть 100 гирь различных весов и специальные весы. На эти весы можно класть только по две гири на каждую чашку, тогда весы показывают, на какой чашке груз больше (гири таковы, что случай равенства весов исключён). Докажите, что с помощью этих весов можно выявить либо самую тяжёлую, либо самую лёгкую из данных гирь?

**13** (8-10). 80 клеток расположены на двух кольцах и трех полосках так, как показано на рисунке справа. Первоначально они пусты. Двое по очереди заполняют по одной пустой клетке животными: первый — курами, второй — утками. Когда все клетки заполнены, убирают перегородки между соседними клетками, в которых сидят одинаковые птицы. Если после этого получается больше клеток с курами — победителем считается первый, если с утками — второй, а если поровну — объявляется ничья. Кто выиграет при правильной игре?



**14** (8-10). Внутри круга  $W$  радиуса  $R$  отмечены четыре точки. Докажите, что найдётся круг радиуса  $R/4$ , лежащий в круге  $W$  и не содержащий внутри себя отмеченных точек (на его границе точки могут лежать).

**15** (9-10). Какое наибольшее конечное число действительных решений может иметь уравнение  $a_1|x-b_1| + a_2|x-b_2| + a_3|x-b_3| = 0$ ?

**16** (9-10). В стране Олимпии 100 городов и более 800 дорог (каждой дорогой соединяется между собой только два города, причём любые два города соединены не более чем одной дорогой). Докажите, что можно выбрать кольцевой маршрут, проходящий не более чем через четыре города.

**17** (10). В пространстве даны 10 различных прямых. Если взять любые четыре из этих прямых, то среди них найдутся три, лежащие в одной плоскости. Докажите, что по крайней мере 9 из данных прямых лежат в одной плоскости.

Работу составил *И.С. Рубанов*.

## ЗАДАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ

**1 (8) «Картезианский водолаз».** В полторалитровую пластиковую бутылку, на 9/10 заполненную водой, поместили вверх дном стеклянную пробирку плотности  $\rho$ , массой  $m$  и внутренним объёмом  $V$ . Когда в пробирку попало немного воды (плотности  $\rho_0$ ), пробирка стала плавать вверх дном в вертикальном положении, не касаясь стенок сосуда. Когда бутылку закрыли крышкой и надавили на её стенки, пробирка начала тонуть. Определите, при какой минимальной массе воды, оказавшейся внутри пробирки, она начинает тонуть. Плотностью воздуха внутри пробирки пренебречь.

**2 (8) «Свободное падение».** Заведённая машинка поставлена на небольшую дощечку и удерживается от движения рукой (рис. 1). Как будут двигаться машинка и дощечка после того, как они будут выпущены из руки и начнут падать вниз?



Рис. 1

**3 (8) «Пружинки».** В кабинете физики с потолка свисает конструкция из трёх очень лёгких пружинок, соединённых последовательно друг с другом. Длина верхней пружинки в нерастянутом состоянии равна  $l_1 = 50$  см, средней —  $l_2 = 60$  см, нижней —  $l_3 = 70$  см. Чтобы третья пружинка коснулась пола, надо потянуть вертикально вниз за место соединения первой и второй пружинки с силой  $F_1 = 6$  Н. Если потянуть за место соединения второй и третьей пружинки вертикально вниз, то необходимая сила уменьшится до  $F_2 = 4$  Н, а если потянуть за низ третьей пружинки, то необходимая сила будет равной  $F_3 = 1$  Н. Определите коэффициенты жёсткости пружинки, если расстояние от пола до потолка в кабинете  $H = 2,4$  м.

**4 (8-9) «Опыт с теплотой».** В двух сосудах находятся по  $m = 0,2$  кг неизвестной жидкости. В первом сосуде находится тело теплоёмкостью  $C = 50$  Дж/°С. Тело вынимают из первого сосуда и погружают в жидкость во втором. После установления теплового равновесия тело из второго сосуда переносят обратно в первый. После установления теплового равновесия все действия повторяют многократно. Зависимости температуры жидкостей в сосудах от времени представлены на графике (рис. 2).

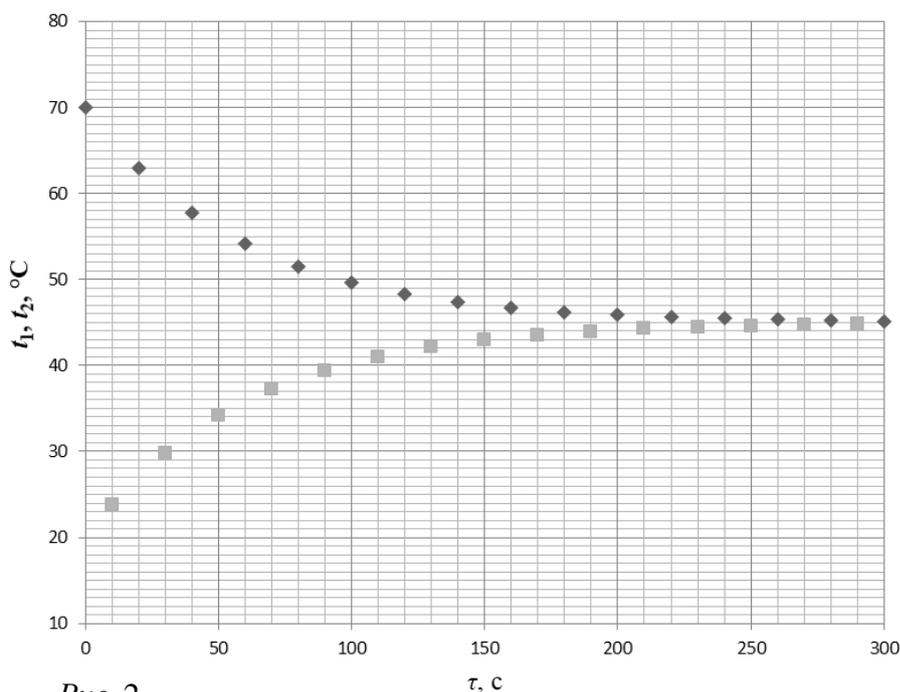


Рис. 2

Определите начальные температуры жидкостей, конечные температуры жидкостей, удельную теплоёмкость неизвестной жидкости.

**5 (8-9) «Показания манометра».** После промывки резинового шланга под струёй воды и присоединения его к одному из колен манометра обнаружен следующий эффект: при подъёме или опускании свободного конца трубки показания манометра менялись (рис. 3, 4), манометр показывал то избыточное, то недостаточное по сравнению с

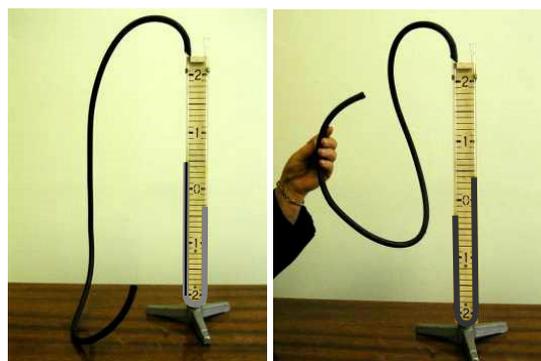


Рис. 3

Рис. 4

атмосферным давлением.

После снятия резиновой трубки и повторного надевания опыт, как правило, повторить не удаётся. Какова причина описанных результатов?

**6 (8-9) «Нужен выигрыш».** Можно ли, используя только невесомые блоки разного диаметра, сконструировать простые механизмы, которые давали бы выигрыш в силе в 6, 11 и 2,37 раза. Если да, то как? Сделайте поясняющие рисунки. По возможности минимизируйте количество используемых блоков.

**7 (8-10) «Палка-рычаг».** Однородную палку положили на опору так, что её правый конец оказался от точки опоры  $O$  в два раза дальше, чем левый. Когда к левому концу палки приложили вертикально вниз силу  $F_1$ , а к правому –  $F_2$  ( $F_1 > 2F_2$ ), палка заняла горизонтальное положение.

После этого палку распилили точно пополам, а получившиеся половинки склеили между собой так, что длина получившейся палки получилась в два раза меньше начальной, а общая площадь поперечного сечения в два раза больше. Склеенную палку вновь положили на опору так, что её левый конец оказался на прежнем расстоянии от т.  $O$ .

**а) (8-9)** К левому концу вновь приложили вертикально вниз силу  $F_1$ . Какую вертикальную силу нужно приложить к правому концу палки, чтобы она вновь приняла горизонтальное положение?

**б) (9-10)** К левому концу приложили вниз такую силу  $F_1$ , что угол между вертикалью и вектором силы оказался равен  $45^\circ$ . Какую силу нужно приложить к правому концу палки, чтобы она вновь заняла горизонтальное положение? Палка в точке опоры  $O$  не закреплена.

Трения между палкой и опорой нет.

Не забывайте сопроводить решение рисунком!

**8 (8-10) «Так быстрее».** Путешествие на самолёте вдоль линии экватора на расстояние, соответствующее  $\alpha = 10^\circ$ , занимает  $t = 2$  часа. За сколько времени самолёт совершит перелёт между точками  $0^\circ$  с.ш.  $10^\circ$  в.д. и  $20^\circ$  с.ш.  $20^\circ$  в.д., если будет двигаться сперва строго на север, а затем строго на восток? Считать, что во всех описанных случаях самолёт движется между указанными точками на одинаковой высоте с постоянной относительно земли скоростью.

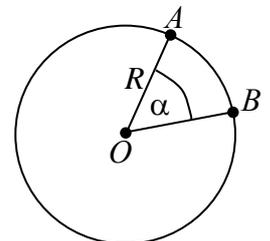


Рис. 5

Известно, что длина дуги окружности между двумя точками  $AB$  (рис. 5), для которых радиус повернут на  $\alpha$  градусов, равна  $S = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{180^\circ}$ . Землю

считать имеющей форму шара, расстояние самолёта до центра Земли при полёте принять равным 6400 км.

**9 (8-10) «Сплавленное соединение».** Две медные проволоки постоянного сечения длиной  $l_1$  и  $l_2$  и сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  расплавили и сделали одну проволоку.

**а) (8-10)** Определите возможное сопротивление проволоки, если её сечение постоянно и находится в диапазоне площадей сечения исходных проволок.

**б) (10)** Каким будет сопротивление проволоки, у которой площадь сечения линейно меняется от площади сечения более тонкой исходной проволоки до площади сечения более толстой проволоки?

**10 (8-10) «Нелинейные приборы».** На схеме, показанной на рис. 6, все амперметры одинаковы и имеют достаточно малое сопротивление (значительно меньшее, чем сопротивление резисторов и вольтметров), вольтметры также одинаковые и имеют достаточно большое сопротивление (то есть значительно большее, чем сопротивления амперметров

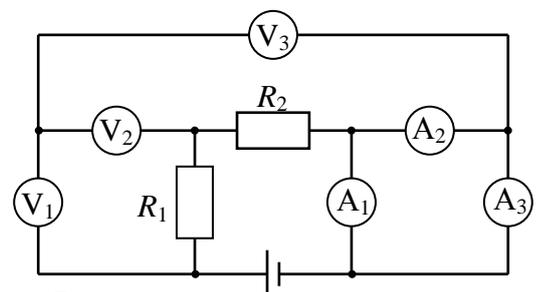


Рис. 6

и резисторов), сопротивление источника тока равно нулю, а напряжение на нем  $U_0 = 10$  В. Известно, что первый амперметр показывает силу тока  $I_{A1} = 1$  А, а третий вольтметр напряжение  $U_{V3} = 6$  В.

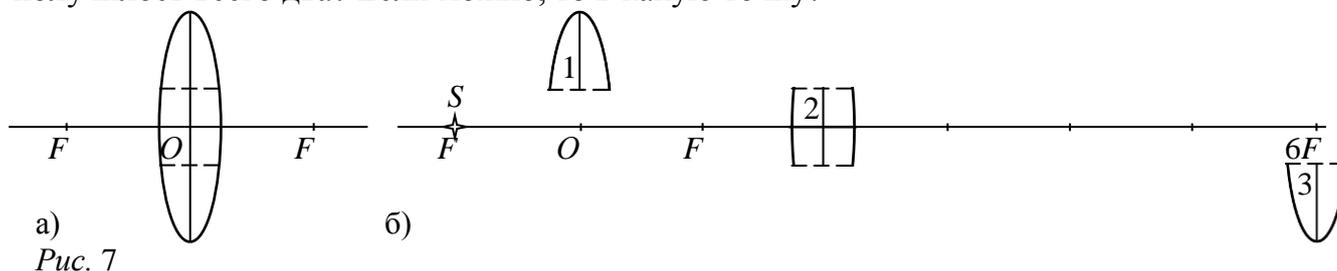
а) (8–10) Определите показания всех амперметров.

б) (9–10) Определите показания всех вольтметров, а также сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$ .

**11** (8-10) «Вдребезги». Тонкую собирающую линзу радиусом  $R$  с фокусным расстоянием  $F = R$  разделили на три части высотой  $R/3$  см каждая как показано на рис. 7 а, а затем среднюю (2) и нижнюю (3) части сместили вдоль оптической оси так, что часть (2) оказалась на расстоянии  $2F$  правее начального положения, а часть (3) – на расстоянии  $6F$  от начального положения (рис. 7 б).

а) Найдите построением все изображения точечного источника света  $S$ , помещённого на оптической оси слева на расстоянии  $F$  от т.  $O$ . Для решения задачи перестройте оптическую систему в масштабе.

б) Можно ли так сместить часть линзы (3) по горизонтали, чтобы изображений источника  $S$  получилось всего два? Если можно, то в какую точку?



**12** (9-10) «Скольжение». Тело массой  $m$  покоится на наклонной плоскости с углом наклона  $\varphi$  к горизонту. К телу прикладывают силу так, чтобы оно двигалось по наклонной плоскости с постоянной скоростью и параллельно линии пересечения наклонной плоскости с горизонтальной поверхностью.

а) Определите величину и направление приложенной к телу силы  $F_1$ , если она параллельна наклонной плоскости.

б) Определите минимальную величину и направление силы  $F_2$ , обеспечивающей описанное движение.

Ускорение свободного падения равно  $g$ , коэффициент трения  $\mu$ .

**13** (9-10) «По частям». В двух экспериментах тело, находящееся на высоте  $H$ , распадается на две части, обладающие неизвестными неравными скоростями, направленными вертикально в противоположные стороны. В первом эксперименте скорость первого тела была направлена вверх, а второго вниз, и тела упали на землю с интервалом времени  $\tau_1$ . Во втором эксперименте, когда направление таких же по величине скоростей сменилось на противоположное, тела упали с интервалом времени  $\tau_2$ .

На каком расстоянии друг от друга упали бы тела, если те же по величине скорости тел были бы направлены противоположно друг другу, но горизонтально? Ускорение свободного падения равно  $g$ .

**14** (9-10) «Прыжки». Брусок брошен под углом  $\alpha$  к гладкой горизонтальной поверхности со скоростью  $v$  так, что нижняя поверхность бруска при полёте остаётся горизонтальной. При каждом ударе о поверхность вертикальная составляющая скорости бруска уменьшается в  $q > 1$  раз.

а) (9-10) Через какое время брусок первый и второй раз ударится о поверхность? Какое расстояние вдоль горизонта за это время преодолеет брусок?

б) (10) Какое расстояние по горизонтали преодолеет брусок к моменту, когда удары прекратятся?

**15 (10) «День и ночь».** Терморезистор — устройство, сопротивление которого зависит от температуры. Известно, что численное значение сопротивления терморезистора  $R$  (в Ом) и температура  $T$  (в Кельвинах) связаны соотношением  $1/T = A + B \ln R$ , где  $A$  и  $B$  — некоторые константы.

Пусть два одинаковых терморезистора соединены последовательно с омметром (рис. 8). Днём один из резисторов всё время находится в тени, другой — на свету. Показания омметра, находящегося в тени, и температура в тени для некоторых моментов времени приведены в таблице. Определите температуру терморезистора, находящегося на свету, в момент времени 15:00.

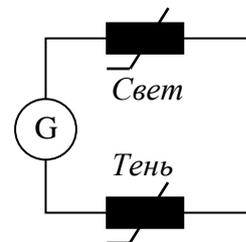


Рис. 8

Момент времени, $\tau$	0:00 (ночь)	3:00 (ночь)	6:00	9:00	12:00	15:00	18:00	21:00 (ночь)
$t, ^\circ\text{C}$	17	15	16	19	21	21	20	18
$R, \text{Ом}$	7682	8336	7841	6569	6073	6073	6677	7377

**16 (10) «Расход теплоты».** В цилиндрическом сосуде, разделённом на две равные половины подвижным поршнем, находятся одинаковые порции азота при одинаковой температуре. В одну половину сосуда подводят количество теплоты  $Q$ . Определите изменение давления в каждой части сосуда по сравнению с начальным давлением. Цилиндрический сосуд расположен горизонтально, его объём равен  $2V_0$ . Поршень невесомый, движется без трения, тепло не проводит.

**17 (10) «Необычная зарядка электрометров».** В один из двух одинаковых электрометров установили металлический стержень, как показано на рис. 9. Затем с помощью металлического шарика на изолированной ручке на корпуса электрометров поочерёдно начали переносить электрические заряды от высоковольтного источника тока.

**а)** Как будут изменяться показания каждого из электрометров?

**б)** Какими станут показания приборов при переносе одинакового заряда на их корпуса, а затем при последующем заземлении стержней?



Рис. 9

Работу составили *К.А. Коханов, В.К. Коханов, Д.В. Перевоицков, А.П. Сорокин.*

## ЗАДАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ХИМИИ

1. (8) Имеется смесь, состоящая из сульфата бария, иодида серебра и оксида меди (II). Предложите последовательность действий и реакций для выделения из смеси:

- а) Бария в виде любого растворимого соединения.                      б) Металлического серебра.  
в) Меди в виде сульфата тетраамминмеди (II).                              г) Молекулярного йода.  
д) Серы в виде хлористого сульфурила.

*Поясните смысл действий и реакций, например: «смесь обработали раствором азотной кислоты», «отфильтровали осадок через складчатый фильтр» и т.д.*

2. (8) К 5% раствору баритовой воды массой 136,8 г добавили 10% раствор фосфорной кислоты, в результате массовая доля соли в полученном растворе оказалась равна 1,85%. Определите массу добавленного раствора кислоты, если известно, что в конечном растворе кислоты не было.

3. (8) 10% раствор сульфата хрома (III) обработали 180 г 2,8% раствора гидроксида калия, при этом образовалось 1,03 г осадка. При пропускании через полученный раствор избытка сероводорода наблюдалось повторное образование осадка. Определить массовые доли веществ в конечном растворе.

4. (8) Оксид А со структурой шпинели растворили в соляной кислоте. При добавлении к полученному розовому раствору сульфида аммония образуется черный осадок В, а при добавлении к этому же раствору щелочи наблюдается выпадение розового осадка С. При действии брома в щелочной среде на вещество С образуется вещество Д коричневого цвета. Вещество С растворили в избытке 25%-го раствора аммиака с образованием Е. При растворении вещества В в концентрированной соляной кислоте образуется растворимое вещество F синего цвета. При упаривании этого раствора удается выделить гексагидрат розового цвета G, осторожное нагревание которого при 140°C приводит к образованию вещества H. Вещество H растворили в воде и из его раствора гидрокарбонатом натрия в присутствии избытка углекислого газа осадили красные кристаллы гексагидрата I. Нагревание I в атмосфере кислорода при 500°C позволяет получить А.

- а) Установите вещества А-I.  
б) Напишите уравнения реакций.

5. (8-9) Ниже приведены реакции без коэффициентов, лежащие в основе современного способа синтеза азотной кислоты из простых веществ

- (1) водород + кислород = вода                                      (2) азот + водород = аммиак  
(3) аммиак + кислород = оксид азота(II)                      (4) Оксид азота(II) + кислород = оксид азота(IV)  
(5) Оксид азота(IV) + вода + кислород = азотная кислота

а) Напишите уравнения этих реакций так, чтобы все коэффициенты были целыми, наименьшими числами.

б) Некоторые из написанных Вами реакций требуют для своего протекания катализаторов. Что это? Какие именно катализаторы нужны для написанных Вами реакций. Для реакций, написанных выше известны тепловые эффекты (все вещества, кроме азотной кислоты — газы, азотная кислота — жидкость)

$$Q_1 = 483.7 \text{ кДж/моль}, Q_2 = 92.34 \text{ кДж/моль},$$

$$Q_3 = 904.8 \text{ кДж/моль}, Q_4 = 113.0 \text{ кДж/моль}, Q_5 = 343.9 \text{ кДж/моль}$$

в) Какие из реакций можно отнести к экзотермическим?

г) Допустим, у Вас есть 1 кг кислорода, 1 кг водорода и 1 кг азота. Сколько килограммов азотной кислоты можно теоретически получить из этого набора?

К сожалению, не все реакции в природе идут с количественным выходом. Типичные величины для реакций составляют (символом  $\eta$  обозначают выход)

$$\eta_1 = 100\%$$

$$\eta_2 = 85\%$$

$$\eta_3 = 80\%$$

$$\eta_4 = 100\%$$

$$\eta_5 = 100\%$$

д) Уточните расчет в соответствии с выходами реакций.

6. (8-9) Юный химик Петя, копаясь в гараже отца, нашел цилиндр, на котором было написано «Эквимольный сплав, 2 металла». Петя очень заинтересовался, из чего же состоит этот сплав, и решил провести серию химических экспериментов. Для начала Петя зачистил поверхность цилиндра наждачной бумагой, затем отпилил кусок массой 6,05 г и разделил его на две части. Первую часть обработал 7%-ной соляной кислотой с плотностью  $1,03 \text{ г/см}^3$ , при этом выделилось 896 мл газа (н. у.). Вторую часть Петя сжег на воздухе (в одном из полученных при этом оксидов массовая доля одного из элементов составляет 27,59%). Для растворения образовавшейся после сжигания твердой смеси Пете потребовалось 55,7 мл такого же раствора соляной кислоты. Из полученных растворов Петя выделил образовавшиеся соли и выяснил, что масса солей, образовавшихся из первой порции сплава, оказалась в 1,64 раз больше, чем масса солей, образовавшихся из второй порции сплава. Помогите Пете установить качественный и количественный в % по массе состав исходного сплава.

7. (8-9) Получение высокочистого кремния является очень важной задачей современной промышленности, в частности это вещество используется в компьютерной технике. Для получения используют различные кислородсодержащие минералы. Так, из минерала А, в котором массовая доля кислорода составляет 47,34%, кремний можно выделить следующим способом.

Минерал А обрабатывается концентрированной азотной кислотой, в результате выпадает аморфный осадок В (реакция 1). Этот осадок прокаливают при  $700^\circ\text{C}$  (реакция 2). Образующееся твердое вещество С сплавляют с магнием (реакция 3). Однако последний процесс идет достаточно плохо. Если взять недостаток магния, то образующийся спек I содержит некоторое количество непрореагировавшего С. Если взять избыток магния, то в таком спеке II кроме кремния содержится еще вещество D (реакция 4).

Для выделения кремния из спека I его обрабатывают хлором при  $400^\circ\text{C}$ , в результате образуется газ E (реакция 5), который далее восстанавливают магнием (реакция 6).

Для выделения кремния из спека II его обрабатывают соляной кислотой, в результате выделяется газ F (реакция 7), который вспыхивает на воздухе с образованием С (реакция 8), получающийся при этом кремний отфильтровывают.

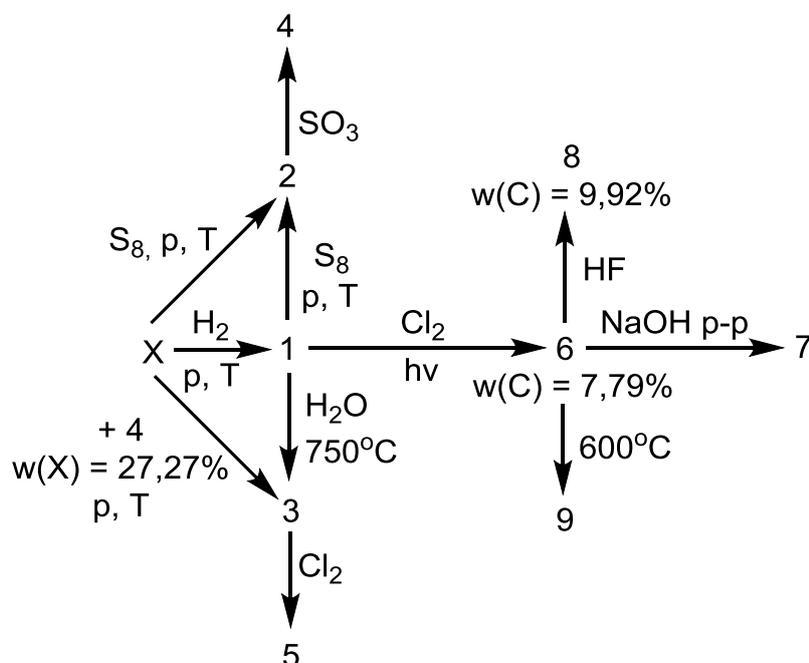
а) Определите состав минерала А, если известно, что минерал окрашивает пламя в фиолетовый цвет, кроме кремния и кислорода в А есть катионы еще двух металлов, а мольная доля кремния в А составляет 25%. Ответ подтвердите расчетом. При расчете молярные массы атомов округляйте до целых чисел.

б) Установите зашифрованные вещества В–F и напишите уравнения описанных реакций.

8. (9) Элемент X и его соединения обладают огромным количеством удивительных свойств. Некоторое время этот элемент носил название «углетвор».

Особый интерес представляют бинарные соединения элемента X. Так, например, при сжигании вещества Y образуется смесь газов A и B в мольном соотношении 1:2 с плотностью по этилену 2,05. Известно, что отношение молекулярной массы газа A к молекулярной массе газа B составляет 0,6875.

Бинарные соединения элемента X находят широкое применение в промышленности. Ниже представлена схема превращений соединений элемента X:



а) Установите вещества **A**, **B**, **X** и **Y**. Ответ подтвердите расчетом.

б) Установите вещества 1–9 на схеме превращений. Ответ представьте в формате «цифра – формула вещества». Напишите уравнения реакций.

в) Известно, что взаимодействие вещества «1» с хлором на свету приводит к образованию смеси продуктов. Какие вещества оказываются в смеси? Приведите механизм реакции.

г) Взаимодействие вещества «1» с хлором является на сегодняшний день основным промышленным способом получения хлороводорода, большая часть которого используется для получения соляной кислоты. Коммерчески доступная соляная кислота поставляется в двух формах: 37%-ный раствор ( $\rho = 1,1837$  г/мл) и стандарт-титр растворы, с концентрацией кислоты 0,1Н. Вычислите рН каждого раствора. Каким будет рН раствора стандарт-титра, если его разбавить в миллион раз?

д) Вещество «3» способно разлагаться при высоких температурах. При температуре 1000 К константа равновесия ( $K_p$ ) реакции разложения вещества «3» составляет 59,46. При разложении через систему пропускают некоторое дополнительное количество газообразного продукта разложения вещества «3», занимающее объем 1 м<sup>3</sup> при температуре 27°C и давлении 1 атм. Какой объем будет занимать равновесная смесь газов, если давление остается неизменным. Каков будет процентный состав смеси в мольных процентах?

9. (9) Минерал **X** ( $w(\text{Al}) = 17,97\%$ ) из группы алюмосиликатов часто сопутствует разным апатитам. Переработка минерала **X** рассматривается в качестве перспективного процесса получения веществ **A** и **B**. Предлагается следующая схема переработки: минерал **X** обрабатывают концентрированной соляной кислотой (реакция 1). Образующийся при этом осадок отфильтровывают, а в раствор вносят избыток аммиака (реакция 2). При добавлении аммиака образуется осадок вещества **C**, который отделяют и прокаливают (реакция 3), а образовавшийся продукт **D** используют в производстве керамических изделий. Затем в оставшийся раствор пропускают вещество **E** ( $w(\text{O}) = 72,71\%$ ) (реакции 4 и 5). При охлаждении раствора вещество **A** выделяется в осадок, а в растворе остается вещество **B**, которое при упаривании удается выделить в форме **F**. Известно, что вещество **F** при нагревании теряет 16,35 % массы. Вещество **A** при нагревании способно разлагаться на воздухе с образованием **G**, однако разложение **A** при нагревании в вакууме приводит к веществу **H**, которое при нагревании на воздухе теряет 14,52% по массе.

О минерале известно следующее: в составе дополнительно присутствуют два элемента с одинаковой степенью окисления, атомные массы которых относятся как 1:1,7; содержание более легкого элемента-неметалла в составе минерала больше содержания алюминия в 2,372

раза; содержание в минерале одного из самых распространенных элементов в земной коре больше содержания алюминия в минерале в 1,041 раза.

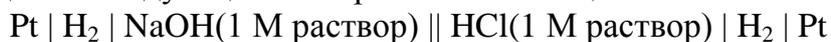
- а) Что такое апатит? Приведите формулу вещества в основе костей и зубов.
- б) Предположите, для чего используется вещество **D** при производстве керамических изделий?
- в) Установите формулы веществ. Ответ подтвердите расчетом.
- г) Напишите уравнения реакций.

*P.S. Атомные массы элементов и расчеты используйте с точностью до трех знаков. Будьте аккуратны при округлении!*

**10.** (9-10) Электрохимические потенциалы — важная термодинамическая величина, описывающая возможность протекания химических реакций. Обычно с их помощью рассматривают окислительно-восстановительные реакции, но благодаря тому, что даже кислотно-основные или реакции комплексообразования можно описать как сумму окислительно-восстановительных превращений, то область применимости резко расширяется.

Так, например, реакция  $(1) \text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

может быть проведена в следующей электрохимической цепи



(вертикальной чертой | обозначается граница раздела фаз, двумя вертикальными чертами || - солевой мостик).

а) Зачем нужен солевой мостик при измерении потенциалов? Почему в оба раствора опущена платиновая проволока?

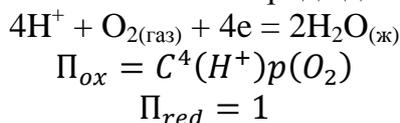
б) Какие полуреакции происходят на каждом электроде в этой цепи?

Измерив разность потенциалов между платиновыми проволоками в этой цепи, можно узнать константу равновесия реакции (1). Для полуреакции можно сделать расчет потенциала по уравнению Нернста

$$E = E^o + \frac{RT}{nF} \ln\left(\frac{\Pi_{ox}}{\Pi_{red}}\right)$$

В котором  $E$  — потенциал при заданных условиях,  $E^o$  — потенциал при стандартных условиях,  $R$  — универсальная газовая постоянная,  $T$  — абсолютная температура,  $n$  — число переданных в полуреакции электронов,  $F$  — постоянная Фарадея,  $\Pi_{ox}$  и  $\Pi_{red}$  — произведения реакций для окисленной и восстановленных форм, соответственно.

Например, для полуреакции восстановления кислорода до воды



в) Предложите электрохимическую цепь, в которой идет следующая суммарная реакция:



Запишите ее используя обозначения | и ||

г) Рассчитайте разность потенциалов, которую можно измерить в этой цепи (электродвижущая сила, ЭДС) при  $C(\text{Ag}^+) = C(\text{NH}_3) = C([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) = 1 \text{ M}$ ?

Известно, что  $\lg \beta_1 = 3,4$  и  $\lg \beta_2 = 7,4$ .

д) Каким образом можно разрушать аммиачный комплекс серебра с образованием аквакомплекса? Что и в какую часть цепи необходимо добавить? Как при этом изменится потенциал цепи? Разбавлением раствора пренебречь

Потенциалы, рассчитанные через уравнения Нернста – по сути своей пересчитанная энергия Гиббса процесса:

$$\Delta G = -nF\Delta E$$

Из этого следует, например, что при малых изменениях температуры изменения потенциалов связаны с энтропией.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$nF \frac{\Delta(\Delta E)}{\Delta T} = \Delta S$$

Из этого можно получить, например, для элемента Даниеля



Температурный коэффициент ЭДС  $\frac{\Delta(\Delta E)}{\Delta T} = -3.59 \cdot 10^{-4} \text{ В} \cdot \text{К}^{-1}$ , ЭДС = 1.09 В при T=15°C.

Рассчитайте по приведенным выше данным энергию Гиббса, энтальпию и энтропию реакции, протекающей в цепи. Является ли данная реакция эндотермической?

**11.** (9-10) К смеси *орто*-дихлорбензола и метилиодида добавили избыток натрия (реакция 1), при этом из реакционной смеси удалось выделить углеводород **A**, содержащий 90.51% углерода (по массе). Окисление углеводорода **A** подкисленным раствором перманганата калия (реакция 2) с последующим нагреванием (реакция 3) приводит к образованию соединения **B** (содержит два цикла). Взаимодействие **B** с избытком аммиака (реакция 4) дает соединение **B'**, содержащее один атом азота в цикле. При обработке **B'** водно-спиртовым раствором КОН образуется соединение **Г** (реакция 5), которое можно выделить простым фильтрованием. С другой стороны, к диметилмалонату (диметиловый эфир малоновой кислоты) добавили  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$  и NBS (*N*-бромсукцинимид). Полученное соединение **Д** ( $\text{C}_5\text{H}_7\text{BrO}_4$ ) вовлекли в реакцию с **Г** (реакция 6), а полученный продукт **Е** затем последовательно обработали гидридом натрия (реакция 7) и бензилбромидом (реакция 8), получив при этом **Ж**. Кипячение соединения **Ж** с разбавленным раствором серной кислоты (реакция 9) дает сначала **З** (потеря массы составляет 19.62% и один из продуктов вызывает помутнение баритовой воды – реакция 10), а при последующей обработке  $\text{N}_2\text{H}_4$  превращается в соединение **И**, которое является распространенной  $\alpha$ -аминокислотой.

**а)** Напишите структуры зашифрованных соединений **A-И**, а также уравнения указанных реакций (10 уравнений).

Помимо углеводорода **A**, в реакции 1 также образуются углеводороды **A<sub>1</sub>** и **A<sub>2</sub>**.

**б)** Напишите структурные формулы продуктов **A<sub>1</sub>** и **A<sub>2</sub>**.

**в)** Аминокислота **И** существует в виде двух оптических изомеров и вышеописанный лабораторный способ получения пригоден только для получения **И** в виде пары изомеров, но структурным фрагментом в белках живых систем преимущественно является *S*-изомер. Изобразите структурную формулу *S*-изомера аминокислоты **И**, используя клиновидную проекцию.

**12.** (10) Сложные эфиры — важный класс органических соединений как в биологических приложениях химии, так и в быту или органическом синтезе. Сегодня речь пойдет о реакции омыления или щелочного гидролиза сложных эфиров.

**а)** Наличие какой группы атомов характерно для сложных эфиров? Приведите два примера таких соединений, изобразите структурные формулы, назовите их по номенклатуре IUPAC.

**б)** Почему реакция щелочного гидролиза сложных эфиров называется омылением?

**в)** Приведите механизм реакции омыления этилового эфира уксусной кислоты, выделите в нем лимитирующую стадию. Какой эффективный порядок имеет эта реакция? Реакция омыления этилового эфира уксусной кислоты — одна из первых реакций, кинетика которой была исследована методами электрохимии более 100 лет назад. Современные методы, применимые к этой реакции — это кондуктометрия, измерение pH и потенциометрия.

Допустим, Вы решили экспериментально узнать константу скорости омыления обозначенного выше эфира и приготовили водный раствор, содержащий 0.01 М эфира и 0.01 М гидроксида натрия.

г) При некоторой температуре при этих начальных условиях период полупревращения составил 50 минут. Чему равна константа скорости реакции?

Кондуктометрия как физико-химический метод основана на том, что электропроводность раствора зависит от концентраций и свойств ионов, представленных в растворе, а именно

$$\kappa = \sum \lambda_i C_i$$

Где  $\kappa$  – электропроводность при бесконечном разбавлении,  $\lambda_i$  -- подвижность иона с номером  $i$  и концентрацией  $C_i$ .

Для ионов, присутствующих в растворе, можно в справочнике найти значения подвижности

Ион	Подвижность, $\text{см}^2 \cdot \text{ом}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
$\text{Na}^+$	50,1
$\text{OH}^-$	198,3
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	40,9

д) Найдите  $\kappa(t)$  при временах  $t=0,10,50,100,1000$  минут. Постройте график зависимости  $\kappa(t)$ . Константу считать равной той, что Вы посчитали в предыдущем пункте.

е) Для анализа графиков часто применяется метод линеаризации. Предложите координаты, в которых построенная Вами зависимость станет линейной.

Достаточно удобным методом анализа скорости данной реакции является измерение рН.

ж) Найдите рН моменты времени  $t=0,10,50,100,1000$  минут. Постройте график зависимости рН от времени, подберите наглядные координаты.

Измерение потенциала может показаться чуть более сложным методом, но он достаточно универсален и позволяет следить за широким классом реакций.

з) Предложите схему электрохимической цепи, в которой одним из электродов будет стандартный водородный электрод, а другой будет непосредственно погружен в исследуемый раствор.

и) Рассчитайте ЭДС предложенной Вами в предыдущем пункте цепи в моменты времени  $t=0,10,50,100,1000$  минут (допустим,  $T$  не сильно отличается от  $25^\circ\text{C}$ ). Постройте график зависимости.

к) С учетом того, что типичная погрешность определяемых величин порядка 1%, выберите оптимальный способ определения кинетических параметров этой системы из трех предложенных.

Для построения графиков можно использовать как миллиметровку, так и предназначенные для этого приложения, такие как Microsoft Excel, Google Sheets или их аналоги.

**13.** (10) Смесь оксида ванадия (V) и магналия (сплав магния и алюминия) подожгли в закрытом сосуде. Полученная после окончания реакции смесь растворяется в соляной кислоте без выделения газа.

а) Какие газы могут выделяться при растворении полученной после реакции смеси в концентрированной соляной кислоте?

б) Вычислите возможное максимальное и минимальное содержание оксида ванадия (V) в % по массе. Указание -- Рассмотрите предельные варианты состава магналия.

в) Какой минимальный объем газа мог бы выделиться при обработке 10 г исходной смеси избытком концентрированной HCl (в пересчете на н.у.)?

г) Напишите уравнения перечисленных выше реакций.

д) Какого цвета раствор может получиться при действии избытка соляной кислоты на исходную смесь? Наличие каких частиц определяет окраску данного раствора? Напишите уравнения реакций получения таких частиц.

**14.** (10) В начале XX века Николай Семенович Курнаков ввел термины «бертоллиды» и «дальтониды». Бертоллиды, в отличие от дальтонилов, являются соединениями

переменного состава, не подчиняются законам постоянных и кратных соотношений и не могут быть записаны в классическом виде с использованием небольших целочисленных индексов.

С четырьмя оксидами одинакового качественного состава провели серии однотипных экспериментов. Навеску соединения ( $m_1$ ) растворяли в 0,1000 М соляной кислоте в мерной колбе объемом 500,0 мл. Из полученного раствора отбирали аликвоты по 10,0 мл и оттитровывали избыток кислоты 0,0500 н раствором гидроксида натрия. Оставшийся после отбора аликвот раствор упаривали в течении длительного времени при температуре 500С. Твердый остаток взвешивали ( $m_2$ ), а затем проводили термогравиметрический анализ (ТГА) в атмосфере аргона. На кривых ТГА во всех случаях наблюдалась потеря массы при 1200С и при 3000С. Состав твердой фазы после ТГА оказался идентичным для всех образцов. Результаты проведенных экспериментов представлены в таблице.

Соединение		I	II	III	IV
Масса навески $m_1$ , мг		1157,0	993,3	634,3	783,0
V NaOH, мл	Аликвота №1	4,05	8,2	11,95	7,95
	Аликвота №2	3,95	8,0	12,05	7,75
	Аликвота №3	4,0	8,05	12,0	8,1
	Аликвота №4	–	7,95	–	7,95
Масса сухого остатка $m_2$ , мг		3253,4	2434,6	1675,8	2270,5
Потеря массы при 120 <sup>0</sup> С, % от исходной		38,95	37,26	37,81	39,96
Потеря массы при 300 <sup>0</sup> С, % от исходной		9,60	3,68	5,59	13,13

Известно, что два соединения относятся к дальтонидам.

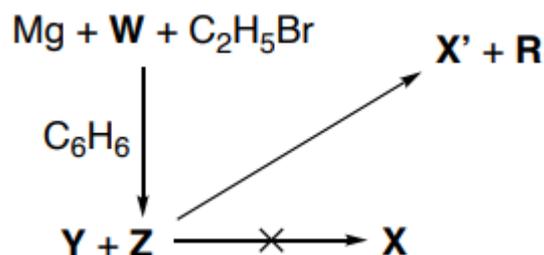
а) Установите формулы соединений I-IV. Формулу бертоллидов записывайте в виде «ЭхО». Ответ подтвердите расчетом. При расчетах молярные массы атомов берите с точностью до десятых.

б) Установите качественный и количественный состав сухих остатков после упаривания растворов.

в) Какие из соединений I-IV являются гетеровалентными?

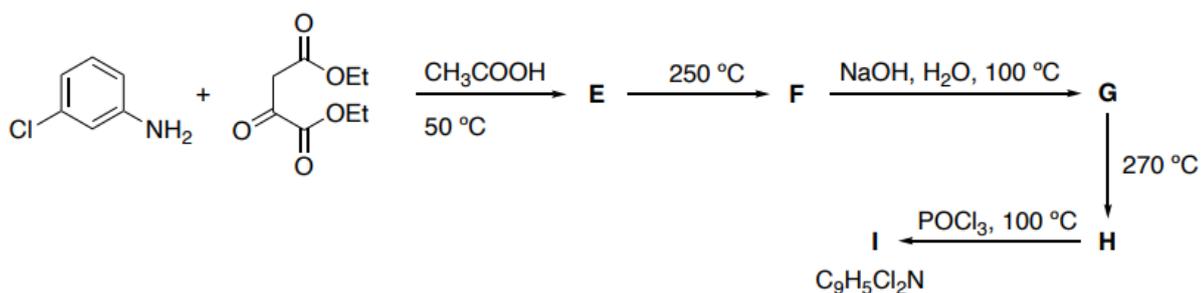
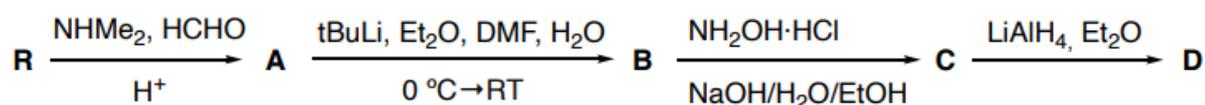
г) Напишите уравнения реакций взаимодействия соединений I-IV с раствором соляной кислоты.

**15. (10)** В 1951 году группа американских ученых пыталась получить соединение X, которое представляло теоретический интерес из-за своего электронного строения. Ученые планировали получить X при реакции хлорида переходного металла Y и металлоорганического соединения Z, которое в промышленности синтезируют при реакции магния, углеводорода W и бромэтана в безводном бензоле. Однако в результате реакции X и Z получить соединение X не получилось, и вместо него образовалось X', которое, отнюдь, стало не самым интересным продуктом реакции. Всех поразил продукт R, с абсолютно уникальной структурой, неизвестной до этого момента.



а) Определите формулу Y, изобразите структуру соединений X, X', Z, R, если дополнительно известно, что массовая доля хлора в Y составляет 34,43%, W представляет из себя легкокипящую жидкость, которая легко димеризуется, а состав X и X' различается на два атома водорода.

б) Предложите механизм образования X'. Помимо интересной структуры R и его производные нашли применение в большом количестве областей, среди которых есть даже медицина. Так, например, соединение FQ оказалось отличным лекарством против малярии, от которой ежегодно умирает почти три миллиона человек. Кроме этого, FQ также показало противораковую активность. Это соединение может быть синтезировано по схемам ниже



в) Определите структурные формулы всех неизвестных соединений. Массовая доля углерода в D составляет 61,78%.

г) Объясните селективность превращения A в B.

Работу составили: М.А. Бакулева, И.Д. Кормициков, М.С. Панов, А.Ю. Плодучин, А.С. Тырин, В.Д. Хрипун, И.В. Шестаков.

## ЗАДАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО БИОЛОГИИ

Перед каждым заданием в скобках указано, для учеников каких классов оно предназначено. При проверке работ решения задач, не предназначенных для класса, где учится автор работы, **оцениваться не будут!**

**1. (7) «Кочующие растения»** В природе встречаются разные группы животных (оседлые, кочующие, мигрирующие), которые приспособились таким образом к эффективному использованию различных ресурсов. Зачем это может быть нужно растениям? Ответ рассмотрите на конкретных примерах.

**2. (7) «Неразмножающиеся»** Растения могут поддерживать численность популяции на определенном уровне двумя способами, используя воспроизведение или размножение.

**а)** Приведите примеры растений для каждого способа.

**б)** Обоснуйте выгоду каждого способа для растений.

**3. (7) «Мозаика»** Ниже перечислены растения. Составьте дихотомический ключ для их определения. Какие критерии (параметры) вы взяли для разделения и почему?

1. Клевер ползучий;
2. Щитовник мужской;
3. Земляника лесная;
4. Ковыль перистый;
5. Можжевельник обыкновенный;
6. Пшеница мягкая;
7. Хвощ приречный;
8. Кедр гималайский;
9. Страусник обыкновенный;
10. Ландыш майский.

**4. (7) «Лень-матушка»** В русских народных сказках есть такие персонажи, как Емеля, Илья Муромец и т. п., которые длительное время ничего не делают, а потом совершают подвиги. В популяциях животных, ведущих общественный образ жизни, также есть лентяи.

**а)** Почему в популяциях появляются «ленивые» особи и какое значение они имеют? Приведите конкретные примеры

**б)** Как «бездельники» получают команды приступить к работе, или наоборот, закончить ее?

**в)** Объясните, как осуществляется механизм распределения обязанностей и управления действиями каждого представителя такой природной популяции?

**5. (7) «Сухой сад»** Гербарий представляет собой документальную основу исследований растений (флоры и растительности). Никакой рисунок, а, тем более, устное описание не заменит натурального растения. Поэтому очень важно сохранить растения в максимально неизменном состоянии, но некоторые изменения все же неизбежны.

**а)** Как изменяются растения при засушивании?

**б)** Какие растительные ткани изменяются в наибольшей степени?

**в)** Какие сложности могут возникнуть при гербаризации водного растения, суккулента, мезофита, ксерофита?

**6. (8) «Незванные гости»** Флора – это исторически сложившаяся совокупность видов растений, распространенных на определенной территории. Однако, она постоянно пополняется новыми видами, которые называются инвазивными. Семена или черенки этих растений попадают в новые места с транспортом, как примесь к завозимым товарам; их привозят туристы. Инвазивные виды представляют опасность для нашей природы.

а) В чем состоит эта опасность?

б) Составьте ТОП-5 самых опасных инвазионных видов. Для этого предложите единые критерии для оценки опасности вида. Оцените не менее 12 видов-кандидатов.

7. (8) «Необычные зубастики» Общеизвестно, что строение зубной системы отражает пищевую специализацию организма и является одним из главных систематических признаков.

а) Укажите особенности зубной системы млекопитающих, сравните ее с таковой у представителей других истинно сухопутных животных.

б) Приведите примеры нетипичного строения зубной системы среди представителей различных отрядов класса Млекопитающие и поясните, почему на ваш взгляд, сформировались эти особенности.

8. (8) «Соседи» У колониальных организмов при бесполом размножении дочерние особи не теряют связь с материнским организмом. Данная особенность широко распространена в некоторых группах живых организмов.

а) Назовите 3 группы организмов, в которых широко представлены виды, образующие колонии. Объясните свой выбор.

б) Почему в данных группах встречаются колониальные организмы, а в других нет? С чем это может быть связано?

в) Благодаря каким механизмам осуществляется регулирование жизни колонии, согласованная работа всех особей?

9. (8) «Верные друзья» Митохондрии и пластиды возникли в результате эндосимбиоза. Появление этих органелл позволило живым организмам выйти на принципиально новый уровень развития.

а) Предположите какие еще органеллы могут возникнуть с помощью данного механизма?

б) Существуют ли современные микроорганизмы, которые уже начали процесс преобразования в клеточные органоиды. Приведите примеры.

10. (8) «Живой» Все высшие растения образованы тканями, часть клеток которых функционирует после отмирания протопласта. Предположите, что все ткани растений образованы только живыми клетками.

а) В каких тканях изменения будут самыми существенными?

б) Какие изменения произойдут в строении и функционировании растения в целом?

11. (9-10) «Волшебные растения» Современные технологии позволяют генетически модифицировать клетки растений для целенаправленного синтеза в них различных веществ, полезных для хозяйственной деятельности человека.

а) Предложите пять различных веществ, полезных для человека, которые было бы наиболее выгодно синтезировать именно внутри растительных клеток.

б) Для каждого из предложенных веществ поясните в чем состоит преимущество синтеза его именно в растительных организмах, по сравнению с другими источниками получения (химический синтез, выделение из природных субстратов) и системами синтеза (в бактериальных, дрожжевых и животных клетках).

в) Для одного из выбранных веществ, наиболее важного, по вашему мнению, для человека, опишите детально особенности протекания его синтеза в растениях: какие растения будут использоваться; в каких тканях и органах лучше всего синтезировать и накапливать это вещество; какие гены и из какого живого организма будет необходимо взять и каким образом их нужно модифицировать.

г) Опишите три наиболее важные, по вашему мнению, проблемы, с которыми вы можете столкнуться при использовании растения в качестве системы синтеза для предложенных вами веществ.

**12. (9-10) «Голодный змей»** При недостатке пищи в неблагоприятные периоды большинство животных предпочитает впадать в различные состояния (спячка, гибернация, оцепенение и т.д.), сильно снижающие расход энергии. Однако, несколько другую стратегию предпочитают использовать различные виды змей (например, бирманский питон), которые вынуждены длительное время (в среднем полгода и более) не питаться в ожидании добычи и при этом оставаться в активном состоянии для охоты. В основе этой стратегии лежит высокая пластичность в функционировании различных систем органов в «голодное время» и «во время пиршества» после поимки добычи.

а) Предложите, какие анатомические, физиологические и биохимические изменения в различных органах и тканях должны произойти, чтобы максимально понизить энергопотребление и повысить выживаемость организма змеи в условиях длительного голодания, но при этом не снижая ее способностей к охоте.

б) Предложите, какие анатомические, физиологические и биохимические изменения должны произойти в организме змеи после поимки добычи, чтобы обеспечить максимальную скорость переваривания больших объемов пищи и наиболее эффективного использования поступающих ресурсов.

в) Предложите логически непротиворечивый сценарий: в каком порядке и какие изменения будут происходить в организме питона при переходе от «голодного времени» к «пиршеству» после поимки крупной добычи (козел, антилопа, крупный примат и т.д.).

**13. (9-10) «Работа ферментов имеет значение»** Невероятную каталитическую силу ферментов лучше всего можно оценить, представив, насколько сложной стала бы наша жизнь хотя бы без одного из тысяч ферментов, присутствующих в наших клетках. Представим себе, что в ваших клетках перестал работать фермент фруктозо-1,6-бисфосфатаза. Для написания вступительной работы в Кировскую ЛМШ вам требуется много думать, а вашему мозгу требуется глюкоза в качестве единственного источника энергии. Обычный человеческий мозг за 8 часов интенсивной умственной работы потребляет примерно 120 г (или 480 килокалорий) глюкозы.

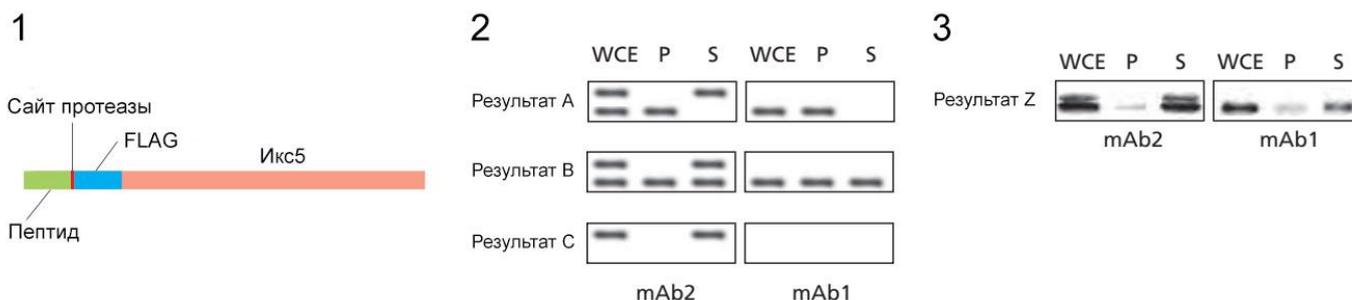
а) В состав какого метаболического пути в наших клетках входит реакция, катализируемая фруктозо-1,6-бисфосфатазой? Почему мы можем считать, что этот метаболический путь является основным поставщиком глюкозы, необходимой для работы нашего мозга? Почему стадия этого метаболического пути, катализируемая фруктозо-1,6-бисфосфатазой, может считаться ключевой для скорости этого пути?

б) Предположим, что в процессе написания вступительной работы в ЛМШ вы питаетесь только пиццей (с колбасой, на тонком тесте, диаметром 38 см). В двух кусках этой пиццы содержится 1340 килокалорий, при этом по составу в пицце содержится белков – 16%, углеводов – 39%, жиров – 45%. Посчитайте, сколько кусков пиццы вам потребуется съесть для написания всей вступительной работы в ЛМШ? (время, необходимое вам для написания работы засекайте самостоятельно).

в) Предположим, что константа скорости первого порядка для реакции ферментативного гидролиза фруктозо-1,6-бисфосфата снизилась до  $2 \cdot 10^{-22}$  секунд<sup>-1</sup> (т. е. это эквивалентно тому, что данный фермент перестал работать и теперь скорость этой стадии метаболического пути равна скорости неферментативной реакции). Подсчитайте, сколько времени потребуется, чтобы обеспечить клетки вашего мозга достаточным количеством глюкозы для написания вступительной работы в ЛМШ с указанной выше константой скорости работы данного фермента. При расчетах примите, что концентрация фруктозо-1,6-бисфосфатазы в ваших клетках в норме составляет примерно 0,031 мМ, а общий объем цитоплазмы клеток составляет 40 л для человека массой 70 кг.

**14. (9-10) «Транспорт в икс-соме»** Вы обнаружили в клетках неких эукариот новую одномембранную органеллу – икс-сому. Перед вами стоит задача понять, каким образом вновь синтезирующиеся белки из цитоплазмы могут транспортироваться внутрь икс-сомы для выполнения там своих специфических функций. Вам удалось выяснить, что белки, которые должны быть импортированы внутрь икс-сомы, содержат сигнальный пептид (состоит из пяти аминокислот на С-конце), который распознается белком-рецептором Икс5 в цитоплазме, а затем переносится к специальному комплексу транспортных белков в мембране икс-сомы. Данный комплекс позволяет транспортировать внутрь икс-сомы не только отдельные белки, сохраняя при этом их пространственную укладку без разворачивания ее в неструктурированную пептидную цепь, но и довольно крупные олигомерные комплексы белков. В своем эксперименте вы хотите различить три возможных механизма работы белка Икс5: (1) он доставляет транспортируемый белок к мембране икс-сомы, передает его транспортному комплексу в мембране, а сам остается в цитоплазме; (2) он входит внутрь икс-сомы вместе с транспортируемым белком через транспортный комплекс в мембране и остается внутри икс-сомы; (3) он входит внутрь икс-сомы вместе с транспортируемым белком, освобождается там от своего «груза» и снова выходит из икс-сомы в цитоплазму за следующим белком.

Для проведения эксперимента вы с помощью методов генной инженерии создаете ДНК-конструкцию, которая кодирует измененный белок Икс5 (см. ниже рис. 1): недалеко от N-конца у этого белка добавлена полипептидная последовательность, содержащая сайт расщепления специфической протеазой, локализованной и работающей только внутри икс-сомы; а сразу после сайта протеазы находится последовательность аминокислот FLAG, которая узнается специфическими антителами (имеются у вас в лаборатории). При этом антитела типа mAb1 связывают последовательность FLAG только когда она находится на N-конце белка, а антитела типа mAb2 связывают последовательность FLAG и на N-конце белка, и внутри полипептидной цепи. Вы проэкспрессировали измененный белок Икс5 в клетках, затем приготовили экстракт из этих клеток (WCE) и разделили его центрифугированием на осадок (P), содержащий икс-сомы, и на супернатант (S), содержащий цитозоль. Из каждой из этих трех фракций (WCE, P и S) вы выделяете белки, разделяете их с помощью электрофореза (PAGE + SDS), переносите белки на мембрану и инкубируете ее с антителами mAb1 и mAb2 (иммуноблоттинг).



**а)** На рисунке 2 выше приведены три теоретически ожидаемых результата (А, В и С) иммуноблоттинга в случае реализации каждого из трех описанных выше механизмов работы белка Икс5. Сопоставьте для каждого из механизмов (1, 2 и 3) картинку с результатом (А, В и С) иммуноблоттинга, подтверждающим функционирование в клетках именно этого механизма работы белка Икс5. Для каждого случая подробно объясните почему получается именно такая картинка иммуноблоттинга. Примечание: серые пятна в каждой из дорожек – это результат «окрашивания» антителами mAb2 и mAb1 «полосок», получающихся при электрофорезе и содержащих соответствующие белки.

**б)** На рисунке 3 выше приведен результат (Z) иммуноблоттинга, который был получен вами при исследовании механизма работы белка Икс5. Какому из приведенных механизмов работы (1, 2 или 3) он соответствует (сравните с картинками результатов на рисунке 2)? Кратко опишите в чем могут быть причины наблюдаемых различий в интенсивности и

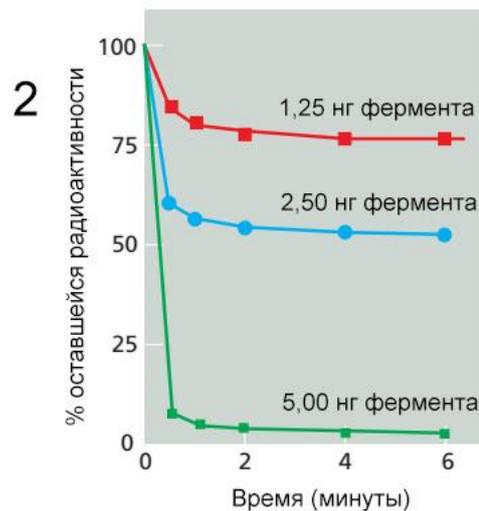
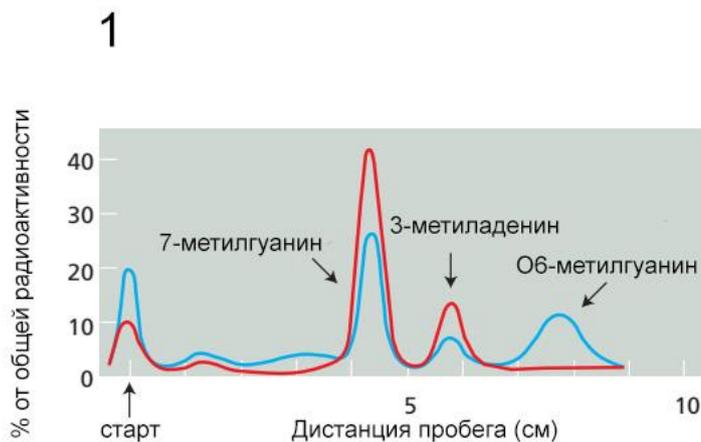
положении пятен в случае результата Z с соответствующим ему теоретически ожидаемым результатом (A, B или C)? Являются ли данные, полученные в этом эксперименте, исчерпывающими и если нет, то какие дополнительные аспекты механизма работы белка Икс5 нужно будет прояснить?

в) Имеет ли какие-то аналогии исследованный вами механизм работы транспортного белка Икс5 среди уже известных механизмов транспорта белков в другие органеллы (ядро, эндоплазматический ретикулум, митохондрии, пероксисомы и т.д.)? Ответ обоснуйте.

**15. (9-10) «Механизм защиты»** Вы исследуете новый перспективный противоопухолевый препарат Метилферон. Он относится к типу препаратов, которые вызывают повреждения в ДНК путем метилирования азотистых оснований, что приводит к апоптозу интенсивно делящихся опухолевых клеток, так как они не успевают репарировать все поврежденные азотистые основания и не могут нормально реплицировать свою ДНК. Для полной картины вам не хватает понимания, каким образом Метилферон повреждает ДНК, и каким образом это повреждение может быть удалено (репарировано) с помощью специализированного клеточного фермента.

В первой группе своих опытов для определения характера мутагенного поражения вы используете обычные клетки линии HeLa обрабатывая их высокой концентрацией Метилферона (500 мкг/мл, инкубация 1 час), радиоактивно-меченного атомами трития ( $^3\text{H}$ ). Это приводит к тому, что метильные группы Метилферона переносятся на азотистые основания в ДНК и она становится радиоактивной (меченной атомами трития). Затем вы можете выделить ДНК из клеток, гидролизовать до нуклеотидов и идентифицировать радиоактивные нуклеотиды с помощью бумажной хроматографии. Ранее вам удалось выяснить, что клетки HeLa, подвергшиеся предварительному кратковременному воздействию низкой дозы Метилферона, индуцируют фермент репарации, который удаляет метильные группы из ДНК, что позволяет этим клеткам лучше выживать и подвергаться меньшему количеству мутаций, чем клеткам, которые не были предварительно обработаны Метилфероном. В эксперименте вы используете две популяции клеток HeLa: (1) обычные и (2) предварительно подвергшиеся воздействию малых доз Метилферона (их инкубировали с 50 мкг/мл меченого тритием Метилферона в течение 5 минут). Обе популяции клеток вы обрабатываете высокой концентрацией меченого Метилферона, выделяете ДНК, гидролизуете ее и делаете хроматографию. Результаты бумажной хроматографии приведены на рисунке 1 ниже: красная линия – это разделение нуклеотидов из клеток HeLa, предварительно обработанных малой дозой Метилферона, а синяя линия – из обычных клеток HeLa, не подвергавшихся предварительной обработке.

Во второй группе своих опытов вы пытаетесь установить механизм устранения метильных групп из ДНК. Для этого вам удалось очистить фермент репарации, который удаляет метильные группы из ДНК. Кинетику удаления метильных групп изучали, инкубируя различные количества фермента (его молекулярная масса равна 19000) с ДНК, содержащей 0,26 пмоль модифицированного метилированием азотистого основания (радиоактивно мечено тритием по метильной группе). Через разные промежутки времени от момента добавления фермента, из реакционной смеси брали образцы (аликвоты) и анализировали ДНК, чтобы определить, сколько осталось метилированного азотистого основания. Результаты этого эксперимента приведены на рисунке 2 ниже. Этот же эксперимент был повторен при температуре 5°C вместо 37°C (использовалась изначально): при этом начальная скорость удаления метильных групп была ниже, но были достигнуты точно такие же конечные значения радиоактивности.



**а)** По результатам первой группы опытов укажите какой метилированный пури́н отвечает за основное мутагенное действие Метилферона на опухолевые клетки? Почему? Свой ответ поясните.

**б)** По результатам второй группы опытов укажите в чем состоят две главные особенности кинетики отщепления метильной группы от азотистых оснований под действием исследуемого фермента репарации? Можно ли считать, что наблюдаемые особенности являются следствием нестабильности исследуемого фермента?

**в)** Подсчитайте количество метильных групп, удаляемых каждой молекулой фермента репарации. Для этого обратите внимание на график на рисунке 2: 2,50 нг фермента удаляют из ДНК 50% всех метильных групп. Помогает ли этот расчет объяснить своеобразную кинетику, наблюдаемую на графике 2?

**г)** Предложите минимум два способа модификации схемы применения, которые позволили бы усилить мутагенное действие Метилферона на опухолевые клетки.

Авторы задач: 7-8 классы — О.Н. Вишницкая, Е.Н. Лимонова, Л.Г. Целищева, А.Н. Ляпунов;  
9-10 классы — Д.В. Пунов.