

КИРОВСКАЯ ЛЕТНЯЯ МНОГОПРЕДМЕТНАЯ ШКОЛА (ЛМШ) ОБЪЯВЛЯЕТ НАБОР УЧАЩИХСЯ НА ИЮЛЬ 2026 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*. **На математический поток принимаются учащиеся, окончившие 6, 7, 8, 9 или 10 класс, на физический, биологический и химический — окончившие 7, 8, 9 или 10 класс.** Каждый ученик может учиться только на одном потоке. **(ВНИМАНИЕ! Информация о поступлении на химический поток содержится в отдельном информационном письме.)**

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 2025 год. Полезная информация об ЛМШ, особенно о её биологическом отделении, есть также на сайте <http://bioturnir.ru/sms/main>. Информацию о физическом потоке можно найти по адресу: <http://cdoosh.ru/lmsh/>, в группе <https://vk.com/lmshphysics>. 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, на математическом потоке 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*.

Несмотря на интенсивные занятия, в ЛМШ умеют и отдыхать: проводятся дискотеки, весёлые конкурсы, походы, работают литературный, музыкальный клубы, клуб «Что? Где? Когда?». Преподаватели ЛМШ общаются с учениками и после занятий: каждый из них — вожатый своего отряда. Многие ребята приобретают в ЛМШ близких по духу друзей. Похоже, что возникающая тут особая «ЛМШатская» атмосфера привлекает в ЛМШ не меньше, чем учёба.

В ЛМШ учились многие очень одарённые ребята. Но она предназначена не только для «вундеркиндов». Сюда может попасть любой, кто любит и умеет учиться.

Кто ездит в ЛМШ? Ныне Кировская ЛМШ — всероссийский и международный лагерь. В ЛМШ-2025 на базе Вишкиля вместе со 133 кировчанами учились 298 школьников из 30 регионов России. 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 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, МИФИ, НГУ, СПбГУ и других сильнейших вузов. Кроме того, в ЛМШ случаются интересные гости.

Где и когда всё это будет? ЛМШ-2026 состоится с 1 по 26 июля текущего года на базе Детского оздоровительного лагеря «Вишкиль» Котельничского района Кировской области, где она проводится с 1997 года. Учащиеся химического потока будут учиться на базе КОГАОУ ДО ЦДООШ (г. Киров) с 3 по 20 июля.

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 отопление, водопровод, клуб, баня, спортплощадки. Есть покрытие мобильной связью компаний МТС и Tele-2.

ДЛЯ УЧАЩИХСЯ ИЗ ШКОЛ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ЛМШ ИМЕЕТСЯ ОГРАНИЧЕННОЕ КОЛИЧЕСТВО БЕСПЛАТНЫХ МЕСТ (В ПРЕДЕЛАХ СРЕДСТВ, ВЫДЕЛЯЕМЫХ ИЗ БЮДЖЕТА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ). Если кировский школьник не попал на обучение за счет средств бюджета, он имеет право обучаться в ЛМШ на условиях оплаты путевки, стоимость которой, с учетом субсидии, выделяемой из бюджета Кировской области, и дополнительной скидки, составляет 92 600 руб.

Уведомление о возможности такого обучения абитуриентам направляется в письме с проверенной работой.

Кто организует ЛМШ? «Центр дополнительного образования одаренных школьников» (ЦДООШ). Контактные телефоны в Кирове на математическом отделении: (8332) 71-21-71 доб. 1, на физическом отделении: (8332) 71-10-88 или 71-21-71 доб. 2, на биологическом отделении: 71-21-71 доб. 4. Адрес для писем: 610005, г. Киров, а/я 5, ЦДООШ. Контактный электронный адрес: LmshKirov@yandex.ru (**вступительные работы на этот адрес высылать не следует, для этого есть специальные адреса, указанные ниже в правилах отправки работ**).

Как поступить в ЛМШ? Набор в ЛМШ — конкурсный. **Для поступления на математический поток необходимо не позднее 27 апреля, на физический поток – не позднее 5 мая, биологический поток – не позднее 11 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). Правила оформления и отправки вступительных работ помещены ниже. Работы, авторы которых не зарегистрировались, не рассматриваются. Получившим персональное приглашение достаточно только зарегистрироваться.

Для регистрации нужно в личном кабинете на сайте ЦДООШ подать заявку для участия в выбранном потоке (математика, физика, биология) 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 29 мая.

На биологическом потоке зачисление осуществляется в 2 этапа: сообщения о зачислении в ЛМШ для персонально приглашенных школьников высылаются заявителям до 15 мая 2026 года; для выполнивших конкурсную работу до 29 мая 2026 года. По работам, набравшим полупроходной балл, решение о зачислении может быть на некоторое время отложено.

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

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-2026 не допускаются школьники, занесённые Оргкомитетом ЛМШ в стоп-лист (в частности, отчисленные из предыдущих ЛМШ без права поступления в 2026 году или получившие неудовлетворительную оценку на зачёте в ЛМШ-2025). 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.

О ПОТОКАХ

Математический поток. В начале обучения проводится тестирование, по итогам которого (с учётом «олимпийской биографии») во всех классах 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. При обучении на физическом 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»,

олимпиады и др. Во внеучебное время для желающих проводятся индивидуальные консультации. Отличники учёбы получают персональное приглашение на следующий год.

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 и биосистематике. 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, биоинформатике. По окончании обучения всем учащимся предстоит выполнить задания заключительной олимпиады, а также сдать зачёты по всем проводимым курсам.

КОНКУРСНЫЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ 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 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 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, нельзя использовать для решения задач системы и инструменты на основе искусственного интеллекта (различные генеративные нейросетевые модели, такие как GPT, Gemini, Gemma, Llama, Claude и т. д.). Работы, выполненные с нарушением этих правил, 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 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, домашний адрес, 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 работах по физике* следует приводить ответы как в общем виде, так и в виде численных значений (когда это предусмотрено условием задачи).

4. Правила отправки работ.

4.1 Высылать вступительные работы нужно в электронном виде электронными письмами. Адреса для отправки работ: поступающие на математический поток — mathksms@yandex.ru, поступающие на физический поток — Lfshkirov@yandex.ru, поступающие на биологический поток — kirov@bioturnir.org с копией на bio@cdoosh.ru. **Не принимаются** письма, содержащие вместо вложенных файлов ссылки на файлы, размещенные в Интернете.

4.2.1 Специальные требования оформления файлов с работами по математике и физике. Работа высылается в виде приложения к письму, состоящего из **одного** хорошо читаемого файла **формата .pdf** объёмом не больше 20 Мб (письма объёмом больше 25 Мб gmail не принимает!). 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.

4.2.2 Специальные требования оформления файлов с работами по биологии. Работа высылается в виде приложения к письму, состоящего из нескольких файлов, в каждом из которых содержится решение одной задачи. Каждый файл необходимо называть так: <класс участника>-<номер задачи>-<фамилия участника>, например, *9-10-Иванова*. Допускаются файлы **только** форматов .txt, .doc, .docx, .pdf, .jpg, .tif, .png. Объем каждого вложенного файла должен быть не больше 5 Мб, суммарный объем вложенных файлов — не более 20 Мб (письма объёмом больше 25 Мб электронный ящик не принимает!). Файлы графических форматов .pdf, .jpg, .tif, .png *должны быть хорошо читаемыми*.

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 Киров 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 27 апреля для абитуриентов математического потока, 5 мая — для физического потока и 11 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 Киров 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 сначала на 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). При выполнении работы на бумаге старайтесь обойтись возможно меньшим числом листов: чем меньше будет файлов с работой, тем легче будет проверять. **Перед отправкой работы убедитесь, что все файлы хорошо читаются!**

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

- ✓ по математике, отправленные позднее 27 апреля, по физике — позднее 5 мая, биологии — позднее 11 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 математике и физике, оформленные с нарушением описанных выше в п. 4.2.1 специальных требований;
- ✓ работы по биологии, оформленные с нарушением описанных выше в пп. 3 и 4.2.2 специальных требований;
- ✓ работы, авторы которых не зарегистрировались в качестве желающих поступить в ЛМШ.

ЗАДАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО МАТЕМАТИКЕ

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

По адресу https://docs.google.com/document/d/1ETiNZT7LO9XNRV-zlPcf_7cHdY6eWrNS/edit?usp=sharing&oid=113344423703830611998&rtpof=true&sd=true можно найти ответы на типичные вопросы по условиям задач. Вопросы, ответов на которые там еще нет, можно задавать письмами по адресу mathksms@yandex.ru.

1. (6) У трёх хозяек есть 7 одинаковых буханок хлеба. Надо взять две буханки и разрезать каждую из них на две части так, чтобы можно было разделить весь хлеб между хозяйками поровну. Как это сделать?

2. (6) У квадрата отметили красным вершины, середины сторон и центр. Назовем прямую *красной*, если на ней лежат хотя бы две красные точки. Сколько существует различных красных прямых?

3. (6–7) Назовем натуральное число *летнешкольным*, если произведение всех его цифр, умноженное на сумму всех его цифр, равно 8. Найдите все летнешкольные числа и опишите, как вы их искали (ответ без описания не засчитывается; просто проверка правильности ответа описанием поиска не является).

4. (6–7) Стороны треугольника, лежащего внутри круга, продолжили до прямых. Круг оказался разрезан на 7 частей. Пронумеруйте эти части числами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 так, чтобы суммы номеров по обе стороны каждого разреза были одинаковыми. Постарайтесь сделать это несколькими способами, чтобы в центральном треугольнике побывало как можно больше чисел.

5. (6–8) На доске написаны 9 чисел. Петя сказал: «Квадраты всех написанных чисел положительны.» Вася сказал: «Сумма всех написанных чисел положительна.» Маша сказала: «Произведение всех написанных чисел отрицательно.» Сколько среди этих утверждений может быть неверных (найдите все возможности)?

6. (6–8) В ряд стоят 20 шашек: 19 белых, а на крайнем левом месте — черная. Двое играют, делая ходы по очереди. Тот, кто ходит первым, может за один ход поменять местами две шашки, между которыми стоит одна шашка, а тот, кто ходит вторым, за один ход может поменять местами две соседние шашки. Выигрывает тот, кто поставит черную шашку на крайнее правое место. Кто из игроков может выиграть независимо от игры соперника?

7. (6–9) Клетчатый квадрат 3×3 нельзя разрезать на отдельные клеточки меньше, чем за 4 разреза, даже если получившиеся части можно накладывать друг на друга, но нельзя перегибать, так как центральную клеточку одним разрезом можно обрезать только с одной стороны. А каким наименьшим числом разрезов можно разрезать на отдельные клеточки клетчатый квадрат 5×5 , если получившиеся части можно накладывать друг на друга, но нельзя перегибать?

8. (6–10) Имеются два сосуда (неправильной формы), кран с водой и раковина. Разрешается наполнять эти сосуды, выливать из них воду и переливать воду из сосуда в сосуд. Как узнать, что больше: $\frac{3}{4}$ объёма первого сосуда или $\frac{5}{7}$ объёма второго сосуда?

9. (6–10) Дистанция забега разбита на 9 равных отрезков. 9 бегунов одновременно стартовали по этой дистанции. Каждый из них пробежал каждый из отрезков с постоянной скоростью, равной одному из положительных чисел v_1, \dots, v_9 , среди

которых нет одинаковых. При этом разные отрезки каждый бегун пробежал с различными скоростями, и каждый из отрезков все бегуны пробежали с различными скоростями. Могло ли случиться, что во время забега никто из бегунов никого не обогнал?

10. (6–10) В футбольном турнире участвовало 10 команд, каждая команда сыграла с каждой по одному разу. Последнее место заняла команда «Зубило», набравшая меньше очков, чем любая другая из команд. Какое наибольшее количество очков могло набрать «Зубило»? (В футбольном матче победившая команда получает 3 очка, проигравшая — 0 очков; за ничью обе команды получают по 1 очку).

11. (7–10) Даны 2026 натуральных чисел, среди которых нет одинаковых. Нашли всевозможные суммы двух из этих чисел, трех из этих чисел, ..., 2025 из этих чисел и сумму всех 2026 чисел. Могло ли случиться, что ровно 2026 из найденных сумм являются квадратами натуральных чисел?

12. (7–10) На плоскости отмечены точки A_1, \dots, A_n , не лежащие на одной прямой. Назовем точку A_i *интересной*, если на плоскости найдется точка B , расстояние от которой до точки A_i больше, чем любое из расстояний от нее до остальных отмеченных точек. Для каждого натурального n , большего 2, найдите наименьшее и наибольшее возможное число интересных точек в наборе из n отмеченных точек.

13. (8–10) Каждый серединный перпендикуляр к стороне треугольника делит площадь этого треугольника в одном и том же отношении. Обязательно ли треугольник равносторонний?

14. а) (8) Существуют ли два таких многочлена $P(x)$ и $Q(x)$ с действительными коэффициентами, что $P(x)^3 - Q(x)^3 = x$?

б) (9–10) Найдите все натуральные n , большие 1, при которых существуют два таких многочлена $P(x)$ и $Q(x)$ с действительными коэффициентами, что $P(x)^n - Q(x)^n = x$?

15. (9–10) Какое наибольшее конечное число действительных решений может иметь уравнение $a_1|x^2 - b_1| + a_2|x^2 - b_2| + a_3|x^2 - b_3| = 0$?

16. (9–10) На плоскости отмечены несколько точек, причем из любых пяти отмеченных точек четыре лежат на одной окружности. Докажите, что есть окружность, на которой лежат по крайней мере 6 отмеченных точек, если всего отмечено: **а)** 13 точек; **б)** 12 точек; **в)** 9 точек.

Работу составил *И. С. Рубанов*.

ЗАДАНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ

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.

По адресу <https://disk.yandex.ru/i/8IEU1339nXYV-A> можно найти ответы на типичные вопросы по условиям задач. Вопросы, ответов на которые там ещё нет, можно задавать письмами по адресу sms-astra@yandex.ru

1 (7) «В ожидании добычи». Акула плавает вокруг квадратного острова площадью 1600 м^2 практически с постоянной скоростью 36 км/ч и на постоянном удалении от его берегов. Нарисуйте траекторию акулы и найдите расстояние от акулы до берега, если один оборот около острова акула делает за 4 мин .

2 (7–8) «Коля, Толя и собака». Двое друзей – Коля и Толя – прочитали в статье, что за один день полезно проходить не менее $10\,000$ шагов. Вечером они решили выполнить эту норму, перемещаясь по прямой между своими домами туда и обратно. Расстояние между домами составляет $L = 900 \text{ м}$, скорость Коли $v_1 = 1 \text{ м/с}$, Толи – $v_2 = 1,5 \text{ м/с}$.

Оба мальчика отправились от дома Толи. Как только они начали движение, навстречу им побежала собака, которая в начальный момент оказалась ровно на середине пути между домами. Скорость собаки была постоянна по величине и составляла $v_3 = 0,5 \text{ м/с}$. В дальнейшем собака меняла направление движения в зависимости от положения мальчиков: она всегда бежала в сторону того из них, который в данный момент находился к ней ближе.

а) Через какое время после начала движения и на каком расстоянии от дома Толи произойдёт первая встреча собаки с кем-то из ребят?

б) Вторая встреча?

в) Третья встреча?

3 (7–8) «Потерянный график». В цилиндрический сосуд, изображённый на рис. 1, налили 200 мл воды, при этом широкая часть сосуда оказалась не заполнена до конца.

После этого в сосуд начали опускать одинаковые стальные шарики и записывать значения высоты уровня воды в сосуде h . По результатам проведённого эксперимента был построен график зависимости уровня воды в сосуде h от количества опущенных в него шариков N (рис. 2). Часть графика, к сожалению, оказалась утраченной.

Используя график, определите:

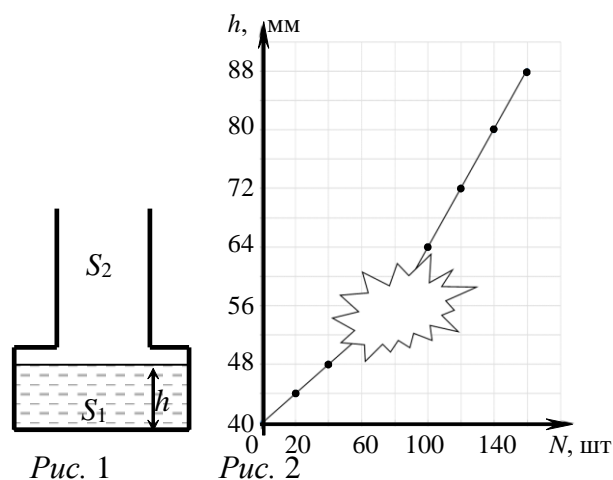
а) площадь поперечного сечения широкой части сосуда S_1 ,

б) объём одного шарика V ,

в) высоту широкой части сосуда H ,

г) площадь поперечного сечения узкой части сосуда S_2 .

Примечание: все опущенные в сосуд шарики полностью скрыты под водой, вода из сосуда не выливается.



4 (7–8) «Полезное новшество». Юный физик Алексей, наблюдая за ростом домашнего экзотического растения, обнаружил, что с течением времени высота растения и масса растения с горшком изменялись практически линейно. Так, в некоторый момент времени t_0 высота ствола растения составляла $h_0 = 40$ см, масса растения с горшком $m_0 = 3$ кг, а спустя ровно 1 год (365 дней) высота растения составила $h_1 = 60$ см, а масса – $m_1 = 4$ кг.

а) Он вывел зависимости высоты h и массы m от времени t (в годах) от момента времени t_0 . Какие зависимости он получил?

б) Алексей также придумал собственную систему единиц для измерения механических величин: условную массу и условную высоту. За условную единицу высоты он принял высоту растения в момент измерения (и ввёл размерность Ай), а за условную единицу массы – массу растения с горшком в момент измерения (размерность Ой). Спустя ровно три года от t_0 , изучая движение машинки, Алексей рассчитал её массу и скорость в условных единицах. Какие значения он получил, если масса машинки была 200 г, скорость – 30 см/с?

5 (7–8) «Экспериментальный факт». Юный исследователь поместил на весы пустой цилиндрический сосуд и стал последовательно и непрерывно наливать в него первую, вторую и третью жидкости с постоянным объёмным расходом, записывая при этом показания весов через равные промежутки времени. Затем он перенёс полученные данные на график (рис. 3), но забыл нанести по осям масштаб, единицы измерения, а также провести линию графика. Известно, что последняя точка на графике соответствует окончанию эксперимента, а наименьшая из плотностей исследуемых жидкостей равна 800 кг/м³.

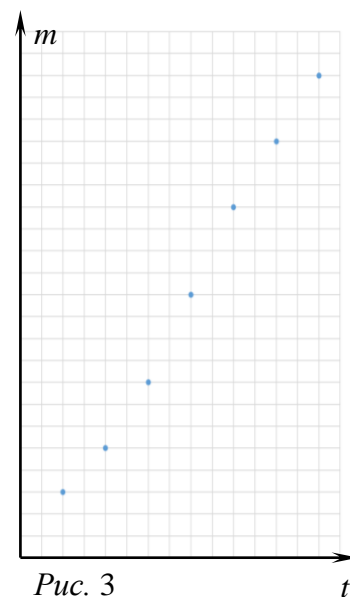


Рис. 3

а) Восстановите линию графика.

б) Определите отношение высот жидкостей в сосуде по окончанию эксперимента, учитывая, что жидкости были несмешивающимися.

в) Определите плотность каждой жидкости.

г) Определите среднюю плотность содержимого сосуда.

Примечание: объёмный расход – это объём жидкости, заливаемой в сосуд в единицу времени.

6 (7–9) «Таракан и Вася». Для тренировки таракана Вася поставил на стол двое весов так, чтобы расстояния между центрами их платформ составляло $L = 20$ см. На весы он положил однородную деревянную палочку, расположив её таким образом, что её центр оказался ровно посередине между центрами платформ. На один конец палочки Вася посадил таракана массой $m_T = 1$ г, а на противоположный конец положил кусочек пончика m_P .

Известно, что Васе удалось заставить таракана бежать до кусочка пончика с постоянной скоростью, схватить пончик и немедленно бежать обратно с той же по

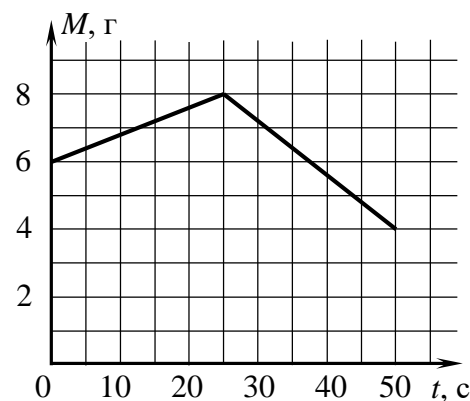


Рис. 4

модулю скоростью. На графике (рис. 4) приведена зависимость показаний одних из весов от времени.

Определите скорость движения таракана, массу пончика, массу и длину деревянной палочки. Все необходимые константы считать известными.

7 (7–9) «На нитях». Конструкцию, изображённую на рис. 5, удерживают в равновесии. В некоторый момент времени конструкцию отпускают, рычаг начинает поворачиваться относительно т. O , а скорость левого груза оказывается равной v_1 . Найдите для этого момента времени

- а) (7–8) скорость т. A v_A ,
- б) (7–9) скорость т. B v_B ,
- в) (8–9) скорость правого груза v_2 , укажите её направление.

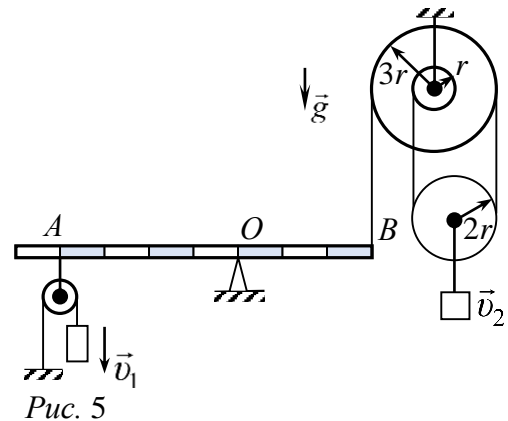


Рис. 5

Нити в системе не проскальзывают.

8. (7–9) «Сталь со льдом». В цилиндрический сосуд с площадью основания S налита вода плотности ρ . В воду наполовину погружён деревянный брусок массой m_1 и объёмом V_1 , а также связанный с ним нитью кусочек льда с вмороженным в него стальным шариком массой m_2 и объёмом V_2 (рис. 6). Определите, как и насколько изменится уровень воды в сосуде, когда лёд растает, а шарик упадёт на дно, если в начале эксперимента

- а) (7–8) нить не была натянута.
- б) (8–9) нить была натянута.

Нить считайте невесомой. В обоих экспериментах вода из сосуда не выливалась.

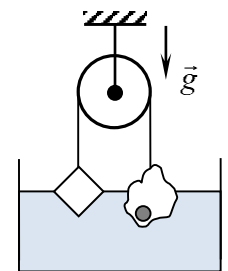


Рис. 6

9 (7–10) «Поплавок». В конструкции, показанной на рис. 7, тонкостенная открытая с двух сторон труба массой M связана с помощью нити, перекинутой через систему блоков, с цилиндрическим поршнем массой m и площади поперечного сечения S . Поршень достаточно плотно прилегает к стенкам трубы, но при движении внутри неё практически не испытывает трения. Вначале груз и трубу удерживают от перемещения. Вся описанная система находится внутри цилиндрического сосуда, который начинают медленно заполнять жидкостью плотностью ρ .

а) (7–10) В определённый момент времени наполнение сосуда прекращают, поршень и трубу перестают удерживать. Труба занимает вертикальное положение, поршень остаётся внутри трубы, нить оказывается натянутой. Пренебрегая массой блоков, трением в их осях, массой и растяжением нити, определите, на какую величину h_1 и в какую сторону (вниз или вверх) уровень жидкости в трубе отличается от уровня жидкости в сосуде.

б) (7–10) Определите новую величину смещения уровня жидкости в трубе h_2 после того, как на верхнюю плоскую поверхность поршня аккуратно поставили грузик массой m .

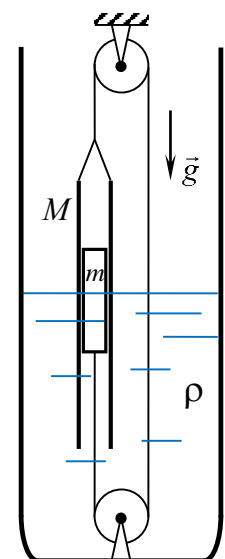


Рис. 7

в) (9–10) Определите для случая *б)* глубину погружения основания трубы H_2 , если в случае *а)* основание трубы было ниже уровня жидкости в сосуде на величину H_1 .

Указание: на рис. 7 соотношение размеров частей конструкции не соблюдено.

10 (7–10) «Прибытие». Около лагеря Вишкиль по реке Вятка проплывал теплоход с постоянной по величине и направлению скоростью $v = 18$ км/ч относительно берега. В некоторый момент времени теплоход подал звуковой сигнал, сопровождавшийся интенсивным выходом пара из узкой трубы. Петя, наблюдавший с берега за теплоходом, заметил, что с момента подачи сигнала и до момента, как он его услышал, прошёл интервал времени $\tau = 1$ с, за следующие $t = 30$ с теплоход приблизился к Пете на кратчайшее расстояние h , а затем вновь стал удаляться.

а) (7–10) Определите минимальное расстояние h от Пети до теплохода. Известно, что скорость звука в воздухе постоянна и равна $c = 340$ м/с, Петя и теплоход всё время находились на одном уровне горизонта.

б) (9–10) Спустя ещё $t = 30$ с, теплоход вновь подал звуковой сигнал. Во сколько раз будет отличаться частота сигнала ν_2 , который услышит Петя второй раз, по сравнению с частотой сигнала ν_1 , который он услышал первый раз, если собственная частота сигнала теплохода равна $\nu_0 = 400$ Гц? Ответ представьте в виде формулы и численного значения.

11 (8–10) «Вода-лёд». Мерный стакан, вмещающий 1 л жидкости, заполнили водой с температурой 20°C , как показано на рис. 8, и опустили в него стальной кубик со стороной 5 см, нагретый до 80°C . После установления теплового равновесия в стакан опустили ещё один такой же по размерам кубик, но изготовленный из льда и охлаждённый до температуры -30°C . Определите конечную температуру системы.

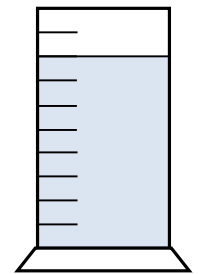


Рис. 8

Теплоёмкость мерного стакана равна 200 Дж/°С, удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/кг·°С, удельная теплоёмкость стали 500 Дж/кг·°С, плотность стали 7800 кг/м³, удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг, плотность воды 1000 кг/м³, плотность льда 900 кг/м³. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

12 (8–10). «Ненадёжный прибор». Электроплитка содержит три спирали с сопротивлением $R = 120$ Ом каждая, соединённые параллельно. Эта плитка включается в сеть последовательно с резистором сопротивлением $r = 50$ Ом. Как изменится время, необходимое для закипания чайника с водой, если одна из спиралей перегорит?

13 (8–10) «Известная схема». Кубик спаян из одинаковых резисторов с сопротивлениями R , а также трёх идеальных источников тока с напряжением U_0 . Вершины кубика A и B соединили с помощью проводника с резистором R и идеальным источником тока с напряжением $4U_0$, как показано на рис. 9.

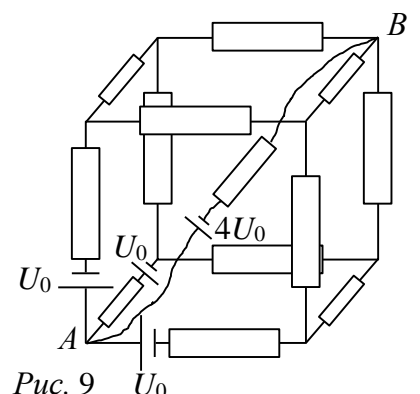


Рис. 9

а) (8–10) Определите силу тока, протекающего через резистор, соединённый последовательно с источником тока в $4U_0$.

б) (9–10) Определите минимальную силу тока, протекающего по какому-либо резистору, и укажите этот резистор.

в) (8–10) Определите минимальную силу тока в схеме после того, как проводник, соединяющий вершины кубика A и B , перерезали, а ещё один источник тока заменили на идеальный проводник.

14 (9–10) «Оптический прибор». Внешний диаметр толстостенного цилиндрического стеклянного стакана равен 8 см, а толщина стенок составляет 0,5 см.

а) (9–10) Объясните, как будут выглядеть удалённые предметы при наблюдении их через этот стакан (без воды!), если наблюдатель будет удерживать стакан на вытянутой руке.

б) (9–10) Оцените, на каком расстоянии от центра стакана получится изображение предмета, удалённого от оси стакана на 0,5 м. Показатель преломления стекла можно считать равным 1,5. Выполните соответствующие построения.

в) (10) Оцените, размер получившегося изображения, если источник света представляет собой тонкий стержень длиной 10 см, расположенный перпендикулярно оси стакана.

15 (9–10) «Задача многих тел». На треугольном клине массой $M = 5m$ удерживается три тела массами m , $2m$ и $3m$, как показано на рис. 10. Между телами m и $2m$ оказался зажат практически невесомый лист бумаги. Призма находится на гладкой горизонтальной поверхности, коэффициент трения тела массой $2m$ о призму и лист бумаги равен μ , а между всеми остальными телами трение практически отсутствует.

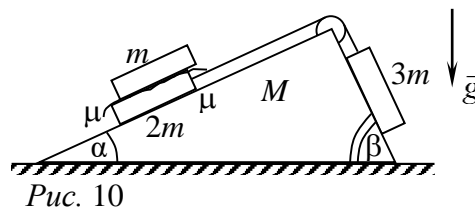


Рис. 10

а) Опишите на качественном уровне возможное движение тел сразу после того, как тела перестанут удерживать.

б) Изобразите силы, действующие на клин.

в) Определите ускорение тела массой m сразу после начала движения системы, если горизонтальные ускорения тел $2m$ и M оказались равными по величине A . В решении можно считать известными значения ускорения A , углов α и β , коэффициента трения μ . Массами блока и нити можно пренебречь, трения в оси блока нет.

16 (9–10) «Особенный подъёмник». Груз массой m поднимается на высоту h при помощи подъёмника, у которого развиваемая подъёмная сила линейно зависит от скорости: $F = mg \left(1 + \frac{v}{v_0} \right)$. Ускорение свободного падения g .

а) Определите скорость тела на половине высоты и в конце подъёма.

б) Определите совершенную подъёмником работу.

в) Постройте график зависимости мощности подъёмника от высоты подъёма тела.

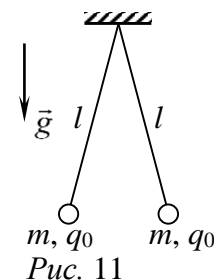
17 (10) «Жадный или экономный?» Экспериментатор Глюк раздобыл в лаборатории идеальный многоатомный газ в количестве ν моль и захотел перевести его из состояния $A(p_A, V_A)$ в состояние $B(p_B, V_B)$. Считайте, что $p_B > p_A > 0$, $V_B > V_A > 0$ и все указанные величины известны.

а) Чему будет равно изменение внутренней энергии газа ΔU в таком процессе?

б) Помогите Глюку построить график процесса из изобар и изохор, в котором $A = 0$. Определите его параметры или докажите, что это невозможно.

в) Можно ли построить процесс, где Глюк сэкономит на подведённой энергии $Q = 0$? Определите работу газа в этом процессе A или докажите, что это невозможно.

18 (10) «Потери заряда». Два одинаковых проводящих шарика с массами m висят на нитях длиной l . Шарики зарядили до зарядов q_0 (рис. 11). Считайте, что в ходе всех процессов, расстояния между шариками много меньше длины нитей l .



а) Определите, на каком расстоянии x шарика будут в равновесии.

б) Из-за влажности в помещении заряд начал стекать, уменьшаясь по закону: $q_1 = q_0(1 - \alpha t)^{3/2}$, где $\alpha = \text{const}$. Определите скорость сближения зарядов v_x .

Работу составили *К. А. Коханов, О. В. Минина, Н. С. Паюсов, Д. В. Перевоицков, А. П. Сорокин, У. М. Тимина, М. П. Уварова.*

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) «*Экзотический лес*» Растительные сообщества (фитоценозы) могут иметь сложную структуру. Они различаются по видовому составу, флористическому богатству, распределению растений в пространстве и во времени. Фитоценозы часто служили источником вдохновения для живописцев. Ниже приведена картина Анри Руссо «Женщина, гуляющая в экзотическом лесу».



а) Охарактеризуйте вертикальную и горизонтальную структуру леса, показанного художником на данной картине (при описании используйте номера, присвоенные растениям на картине).

б) Сравните этот лес с одним из реально существующих лесных сообществ. При анализе используйте не менее 5 критериев для сравнения.

2. (7) «*Вкус лета*» На летние каникулы любознательного Василия отправили к бабушке в деревню. Во время отдыха мальчику удалось попробовать:

- апельсиновый джем;
- козинаки арахисовые и подсолнечные;
- яблочную пастилу;
- сливовое повидло;

- кабачковую икру.

а) Охарактеризуйте анатомическое и морфологическое строение частей растений, используемых для приготовления перечисленных пищевых продуктов.

б) Для плодов укажите их типы, исходя из строения гинецея.

в) Сгруппируйте ингредиенты, использованные при приготовлении каждого из перечисленных в условии продуктов, в зависимости от того, каким органом растения они являются.

3. (7) «Очнулся — гипс» У человека и других позвоночных при переломах костей их части фиксируются различными способами, в том числе при помощи шин и гипсовых повязок.

а) Возможно ли применение подобных способов при повреждении растений? Для каких органов растений это было бы наиболее целесообразно?

б) В чем заключается принцип работы такой фиксации поврежденных участков у растений?

в) Для каких групп растений наиболее оправданно его будет использовать и почему?

4. (7) «Стрижка только начата» В прекрасном летнем лагере «Вишкиль» появился чудесный участок для отдыха с декоративными деревьями и кустарниками, небольшим прудиком и скамейками. На участке были посажены ель колючая, туя западная, гортензия метельчатая, сирень обыкновенная и декоративная яблоня. Недавно принятый на работу садовник Иоганн весной осмотрел растения и решил провести их обрезку.

а) Предложите алгоритм действий садовника по формированию крон перечисленных растений.

б) На какие биологические особенности растений стоит обратить внимание садовнику, прежде чем он приступит к работе?

в) Для каждого растения нарисуйте схему побеговой системы и красными горизонтальными линиями отметьте места обрезки побегов. Поясните сделанный выбор.

5. (7) «Все в наших руках!» ЛМШ последние 30 лет проходит в прекрасном летнем лагере «Вишкиль», который находится в сосновом бору. Летом здесь одновременно отдыхают и работают более 500 человек.

а) Оцените влияние антропогенного фактора на сосновый бор на территории лагеря «Вишкиль».

б) Опишите изменения видового состава бора: предположите каков был флористический состав леса 30 лет назад. Спрогнозируйте состояние бора через 20 лет при ежегодном проведении смен в лагере.

в) Предложите комплекс мер для сохранения соснового леса.

6. (8) «Спрячь меня» Сумчатые млекопитающие отличаются от плацентарных в первую очередь тем, что их детёныши появляются на свет после очень короткого эмбрионального периода недоразвитыми, и дальнейшее развитие новорождённого происходит в сумке у матери.

а) Предположите, а могла бы существовать у растений структура, выполняющая функции аналогичные сумке млекопитающих? Какая группа существующих растений в наибольшей степени «заинтересована» в появлении подобной структуры? Почему?

б) Какие органы растения могли бы стать основой для формирования «сумки»?

в) Как такая «сумка» будет функционировать с учетом особенностей строения растительного организма?

7. (8) *«Молодой да ранний!»* Среди животных встречаются организмы, у которых вся жизнь и даже размножение проходит на стадии личинки. Данное явление называется неотения.

а) Встречается ли подобное явление в мире растений? Если да, то приведите примеры.

б) Почему неотения не имеет широкого распространения в живой природе?

в) Может ли человек помочь растениям и животным, для которых характерна неотения перейти из состояния личинки во взрослое?

8. (8) *«Новые доспехи»* Многие позвоночные животные обладают защитными структурами (панцирь черепахи, покровы броненосца, иглы дикобраза и ежа, роговые щитки крокодила и пр.). В отличие от них некоторые беспозвоночные имеют мягкое тело, но создают себе приспособления для его защиты из доступных природных материалов.

а) Какие преимущества и недостатки есть у «врожденной» (созданной самим животным) защиты по сравнению с «неврожденной» защитой из собранных материалов?

б) Предложите существующий или гипотетический вариант наиболее сложно устроенной защиты для позвоночных животных (но не человека), который создается из материалов внешней среды и используется на протяжении большей части жизни животного.

9. (8) *«Гермафродит»* Многие организмы переходят к полному или частично гермафродитному образу жизни. Это бывает достаточно удобно в условиях, когда встретить партнера для размножения затруднительно. Однако большинство видов животных все же раздельнополые.

а) Приведите различные примеры перехода организмов к гермафродитному образу жизни. Назовите преимущества подобного перехода.

б) Предложите не менее трех примеров ныне раздельнополых животных, которым было бы выгодно с их образом жизни перейти к гермафродитизму.

в) Предложите возможный механизм таких переходов. Какие морфологические, этологические и экологические особенности при этом им пришлось бы изменить?

10. (8) *«Вместе мы сила»* Многие организмы являются целыми симбиотическими системами. Причем в ряде случаев симбионты могут выполнять функции отдельных органов или систем органов.

а) Приведите не менее 5 примеров подобной «замены» органов на симбионтов.

б) Объясните каковы причины возникновения таких «симбиотических органов».

11. (9–10) *«Шаг вперед, два шага назад»* Традиционно считалось, что эволюция животных прогрессивна, то есть развитие Metazoa происходило от простых форм к сложно устроенным организмам. Эта точка зрения проистекает из воззрений

древнегреческих учёных. Аристотель, например, представлял всю систему природы как лестницу — ступени которой соответствуют уровням организации живых организмов.

Современная наука почти полностью отказалась от такого представления об эволюции животного царства. Методы молекулярного анализа позволили точно установить родственные связи большинства групп и показали, что на самом деле в процессе эволюции этапы усложнения морфологии сменялись довольно резкими упрощениями организации животных.

а) Предложите пять примеров различных групп животных ранга типа, подвергшихся упрощению относительно своего более сложно устроенного предка. Укажите в каких именно аспектах их строения и жизнедеятельности произошло упрощение.

б) Проанализируйте наиболее вероятные причины такого упрощения. Какие новые возможности получают группы животных в этом случае? Почему они не проигрывают конкуренцию со своими более сложными собратьями?

в) С помощью каких генетических и эмбриональных механизмов происходит упрощение строения организма животного? Какие структуры и системы органов в первую очередь подвергаются редукции, а для каких имеет смысл сохранять изначальную сложность? В чём причина такой неравномерности эволюционных изменений отдельных систем?

12. (9–10) «Иммунитет растений» Иммунитет — это сложная и многоуровневая система защиты организма. Он представляет собой совокупность биологических механизмов, которые обеспечивают распознавание и уничтожение генетически чужеродных агентов. Любая группа живых организмов обладает теми или иными иммунными механизмами, в том числе и растения.

а) Иммунитет человека способен распознавать и уничтожать как экзогенные чужеродные агенты (вирусы, бактерии, разнообразные эукариотические паразитические организмы, трансплантаты), так и эндогенные (клетки с серьёзными генетическими повреждениями, включая раковые клетки). Существуют ли различия в спектре агентов, распознаваемых иммунной системой растений и человека? Ответ поясните, а пояснения сопроводите примерами.

б) У человека существует врождённый и приобретённый иммунитет. Врожденный иммунитет характеризуется отсутствием специфичности и иммунологической памяти, а приобретённый — высокой специфичностью, способностью к формированию долговременной иммунологической памяти и усилением ответа при повторном контакте с инфекционным агентом. Каковы механизмы реализации растительного иммунитета при ответе на разные инфекционные агенты? Можно ли выделить у растений врождённый и приобретённый иммунитет?

в) Для растений известно явление системной приобретённой устойчивости (systemic acquired resistance). После локального взаимодействия с патогеном (например, на одном листе), всё растение целиком в течение некоторого времени обладает повышенной устойчивостью к разнообразным патогенам. Опишите механизмы, благодаря которым реализуется системная приобретённая устойчивость. Можно ли её считать формой приобретённого иммунитета?

13. (9–10) «Арктические помощники» Арктические архипелаги относятся к зоне полярных пустынь и тундр. Здесь среднегодовые температуры почвы редко

поднимаются выше 0°C, вегетационный период растений длится всего 1,5–2 месяца, а почвы скелетные, бедные органическим веществом и элементами питания. Растения, обитающие в таких условиях (например, арктическая ива, камнеломки, злаки и бобовые), испытывают сильнейший холодовой стресс: их рост замедляется, эффективность фотосинтеза снижается, а доступность питательных веществ, особенно азота и фосфора, оказывается крайне ограниченной.

Однако в ризосфере (прикорневой зоне) этих растений обитают особые микроорганизмы — психротолерантные (холодоустойчивые) бактерии. Они способны не только выживать при низких температурах, но и помогать растениям в суровых условиях.

а) Почему большинство бактерий из умеренного климата не могут эффективно расти при температурах ниже +10–15°C? Какие ключевые физико-химические ограничения (нарушения структуры и функций) возникают у них на холоде?

б) Назовите не менее двух ключевых адаптаций, позволяющих психротолерантным бактериям сохранять активность на холоде. Какие изменения в составе и строении клеточной мембраны обеспечивают её текучесть при низких температурах? Какие особенности строения ферментов позволяют им эффективно работать на холоде? Почему такие ферменты часто теряют активность уже при +35–40°C?

в) Предположим, что психротолерантные бактерии, выделенные из ризосферы арктических растений, решено использовать для создания биоинокулянта (биоудобрения) для зерновых культур, выращиваемых в северных регионах России (Мурманская область, Архангельская область, Якутия, Камчатка). Какие преимущества может дать такой «арктический» инокулянт по сравнению с коммерческими препаратами, созданными на основе штаммов из почв умеренного климата? Назовите не менее трех преимуществ.

г) Какие потенциальные проблемы могут возникнуть при переводе штаммов, выделенных из арктических почв, в стабильный коммерческий продукт? Назовите не менее двух проблем и кратко объясните их суть.

14. (9–10) «Матроклинные гаплоиды» У кукурузы (*Zea mays*) описан гиногенез – партеногенез, зависимый от спермия. В процессе гиногенеза происходит контакт спермия с яйцеклеткой, но не происходит слияния мужского и женского пронуклеусов. При этом слияние второго спермия с ядром центральной клетки происходит без отклонений. В результате гиногенеза получаются матроклинные гаплоиды, растения кукурузы, имеющие гаплоидный набор хромосом. С очень низкой частотой (0,1 – 0,01%) матроклинные гаплоиды могут возникать спонтанно.

а) Гаплоидные растения очень востребованы в селекции. Подробно объясните, как именно используются в селекции гаплоидные растения и почему их использование снижает стоимость семенного материала, в частности гибридов F1.

б) В 1959 году впервые была получена линия кукурузы Stock 6 (чистая линия), которая повышает выход гаплоидов до 2%. Эту линию назвали гаплоиндуктором. К настоящему времени получены линии-гаплоиндукторы, способные повышать процент гаплоидных растений в потомстве до 10–12%. Исследования механизма получения гаплоидных гибридов показало, что процесс связан с нарушением работы нескольких генов, продукты которых влияют на взаимодействие мембран яйцеклетки и спермия. Кодированные ими белки расположены в плазматической мембране спермия кукурузы и участвуют в прикреплении спермия к поверхности яйцеклетки.

Предположим, у вас имеется линия-гаплоиндуктор Stock-6 и вторая экспериментальная чистая линия Stock-X, не способная к гаплоиндукции. Какие скрещивания стоит поставить, чтобы получить:

- 1) гаплоидных потомков линии Stock-X;
- 2) гаплоидных потомков линии Stock 6.

Опишите какие фенотипы и генотипы вы ожидаете получить у потомков.

в) Даже при использовании современных линий-гаплоиндукторов выход гаплоидных потомков достаточно низкий. В практической селекции удобно иметь простые способы предварительно отличить гаплоидных потомков от диплоидных визуально (на глаз) еще на стадии семян или ранних проростков и только после этого подтверждать ploидность более сложными лабораторными методами. Традиционно в качестве маркеров используются различия в окраске зародышей и проростков, связанные с наличием пигментов антоцианов. Объясните, почему визуальные отличия сохраняются несмотря на то, что разные линии-гаплоиндукторы имеют мутации в разных генах синтеза антоцианов.

г) Предположим, линии Stock-6 и Stock-X гомозиготны по разным аллелям одного из генов, связанных с синтезом антоцианов. При этом гаплоидные потомки линии Stock-X фенотипически (по наличию антоцианов в зародыше и проростках) отличаются от диплоидных. Какая линия должна быть доминантной гомозиготой, а какая рецессивной, чтобы различия между гаплоидными и диплоидными потомками были видны. Введите обозначения и составьте схему скрещивания, наглядно показывающую возможность получения фенотипически различных гаплоидных и диплоидных потомков.

д) Очень удобным маркером гаплоидности могла бы служить окраска эндосперма семени (алеуронового слоя), связанная с антоцианами. Однако этот фенотипический показатель не может быть использован как маркер гаплоидности. Объясните, почему это невозможно.

15. (9–10) «Последний рубеж» В клетки живых организмов возможно доставлять нуклеиновые кислоты или содержащие их молекулярные комплексы с целью вакцинации, генотерапии, редактирования генома и т.д. Однако доставка нуклеиновых кислот в уже сформированный эукариотический организм отличается весьма низкой эффективностью (не более нескольких процентов от всех клеток организма).

а) Перечислите не менее пяти причин низкой эффективности доставки ДНК или РНК в клетки сформированного эукариотического организма на разных уровнях биологической организации (клеточный, тканевой, системный).

б) Выберите из литературных данных пять наиболее эффективных принципиально различных платформ для доставки нуклеиновых кислот в клетки сформированного эукариотического организма. Кратко опишите механизм работы каждой из них: как она решает сложности из пункта А? Возникают ли при этом какие-то новые проблемы?

в) Предложите как минимум пять модификаций систем доставки (не обязательно одной и той же) для максимизации эффективности доставки нуклеиновых кислот. Для каждой модификации опишите также её возможные отрицательные побочные эффекты.

г) Какие новые возможности появятся в биотехнологии и медицине, если эффективность доставки нуклеиновых кислот удастся поднять до $\geq 95\%$ клеток сформированного эукариотического организма? Предложите не менее трех

применений; для каждого обязательно укажите, почему оно недоступно при нынешней эффективности доставки.

Авторы задач: 7–8 классы — А. С. Бессонницына, О. Н. Вишницкая, Е. Н. Лимонова, С. А. Юдникова; 9–10 классы — Т. Ю. Баймак, Д. Ю. Нечаев, В. Е. Тулякко, А. В. Филимонова, Д. А. Янковский; редактор: Д. В. Пугов.