Организация и проведение этапов всероссийской предметной олимпиады школьников в 2019/2020 учебном году

Центр непрерывного повышения профессионального мастерства
педагогических работников – «Педагог 13.ру»

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ЭТАПОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ В 2019/2020 УЧЕБНОМ ГОДУ

Методические рекомендации

Саранск
2020

ББК 74.200.58
О-64

О-64 Организация и проведение этапов Всероссийской предметной олимпиады школьников в 2019/2020 учебном году : методические рекомендации / сост.: С. В. Кутняк, М. В. Корнишина. – Саранск: ЦНППМ «Педагог 13.ру», 2020. – 110 с.

Сборник методических материалов разработан в качестве ориентира для методических комиссий и жюри при составлении заданий и проведении различных этапов всероссийской олимпиады школьников.

Представленные материалы имеют рекомендательный характер. Они включают в себя понятия и виды олимпиад, порядок проведения олимпиад по общеобразовательным предметам. Рассмотрены требования к заданиям по олимпиадам, приведены основные типы заданий, используемые при составлении текстов к олимпиаде. В качестве примера приведены задания и решения школьного, муниципального и регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике.

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
ГБУ ДПО РМ «ЦНППМ «Педагог 13.ру»

ББК 74.200.58

ВВЕДЕНИЕ

Выявление, поддержка, развитие и социализация одаренных детей становятся одной из приоритетных задач современного образования. Современное поколение, которое растет в условиях стремительных перемен, будет жить в совершенно ином обществе, динамически изменяющемся, в связи с этим важнейшей проблемой становится подготовка молодёжи к самостоятельным действиям, принятию решения, не потеряв при этом своей личностной самобытности, нравственных начал, способности к самопознанию и самореализации.

Среди всех видов и форм деятельности обучаемых, способствующих активизации познавательной самостоятельности, реализации творческого потенциала школьников, особое место занимает участие школьников в олимпиадах.

Олимпиады обладают огромным потенциалом для выявления наиболее талантливых, увлеченных наукой школьников, построения для них индивидуальных образовательных программ, существенно расширяют возможности социализации учащихся, то есть способствуют достижению основных целей обучения в школе и выявить дальнейшие пути продолжения образования.

Олимпиадное движение в настоящее время – одно из ключевых направлений формирования репродуктивного и эмпирико-практического уровня исследовательской деятельности. Оно является важным связующим звеном между средней и высшей школой.

Участие в олимпиадном движении играет большую роль в деле воспитания молодых людей: ответственность за начатое дело, целеустремлённость, трудолюбие, патриотизм.

Олимпиады – одна из общепризнанных форм работы с одарёнными детьми.

1. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ ОЛИМПИАД

Олимпиады – это интеллектуальные соревнования для школьников. Только в России проводится более 700 олимпиад. Форматов очень много: индивидуальные и командные, очные и заочные, квесты, регаты, карусели, бои и т.д.

Предметная олимпиада – это соревнования учащихся школ или средних и высших профессиональных образовательных учреждений, требующие от участников демонстрации определенных знаний и навыков в области одной или нескольких дисциплин.

Олимпийский принцип «Главное – не победа, главное – участие» нашел здесь живое воплощение. Олимпиада – это не контрольная и не экзамен, за нее не ставят «двойки». Участники выполняют задания, которые подготовлены специально для них. Авторы тратят много сил и времени на то, чтобы у школьника «горели глаза», когда он увидит задачу. Кстати, сами авторы называются композиторами задач, ведь придумать интересный при этом уникальный сюжет – это целое искусство. Тем более интересно прорешать их одним из первых [4, с. 15].

Олимпиады дают возможность школьникам проявить себя, раскрыть таланты и расширить кругозор, определиться с интересами и развивать свои способности. Здесь ценят оригинальные идеи, нестандартное мышление и творчество.

Олимпиады, как и любые состязания, воспитывают целеустремленность, учат преодолевать стресс и не бояться неудач. Школьников привлекает и подстегивает дух соперничества, но, несмотря на это, олимпиады – объединяют. Многие здесь встречают единомышленников и заводят новых друзей.

Общение не заканчивается вместе с олимпиадой, а переходит на качественно иной уровень. Участники ходят на дополнительные кружки, занятия, ездят в летние и зимние школы, например, в Сириус. Это дает начало замечательной дружбе и сотрудничеству в сообществе талантливых людей: школьников, учителей, ученых.

Олимпиады проводят вузы и организации, которые заинтересованы в развитии детей, и главной задачей педагогов при подготовке к олимпиадам является создание такой развивающей творческой образовательной среды, которая бы способствовала максимальной реализации способностей одаренных детей.

В системе подготовки детей к участию в предметных олимпиадах можно выделить два подхода:

1. Поддержание постоянного интереса к предмету путем предложения для решения нестандартных задач (школьникам, как правило, интересны задачи, для решения которых необходимо придумать какой-либо новый способ или использовать знания, выходящие за рамки школьных учебников) и поощрение интереса к изучению внепрограммного материала.

2. Индивидуальный подход к каждому участнику олимпиады, корректное выстраивание образовательной траектории развития учащегося (учитель может и должен порекомендовать школьнику литературу для подготовки, дать ссылку в сети Интернет и т.д.), помощь в самоопределении и развитии личности участника олимпиады, а также формирование у подопечного методологических знаний.

Основной целью развития и успешного обучения одаренных детей на уроках являются:

– совершенствование предметных умений и навыков;

– повышение учебной мотивации одаренных детей;

– развитие интеллектуальных способностей и нестандартности мышления;

– овладение навыками самоконтроля, самооценки;

– развитие навыков исследовательской и самостоятельной познавательной деятельности.

При подготовке учащихся к олимпиаде необходимо придерживаться нескольких принципов:

1. Максимальная самостоятельность – предоставление возможности самостоятельного решения заданий. Самые прочные знания – это те, которые добываются собственными усилиями, в процессе работы с литературой, при решении различных заданий. Данный принцип предоставляет возможность самостоятельности учащегося, предполагает тактичный контроль со стороны учителя, коллективный разбор и анализ нерешенных заданий, подведение итогов при решении задач.

2. Активность знаний:

Олимпиадные задания составляются так, что весь запас знаний находится в активном применении. Они составляются с учётом всех предыдущих знаний, в соответствии с требованиями стандарта образования и знаниями, полученными в настоящий момент. При подготовке к олимпиадам постоянно происходит углубление, уточнение и расширение запаса знаний. Исходя из этого следует, что разбор олимпиадных заданий прошлых лет является эффективной формой подготовки учащихся для успешного участия в олимпиадах.

3. Принцип опережающего уровня сложности:

Для успешного участия в олимпиаде необходимо вести подготовку по заданиям высокого уровня сложности. В этом заключается суть принципа опережающего уровня сложности, эффективность которого подтверждается результатами выступлений на олимпиаде. В психологическом плане реализация этого принципа придает уверенность учащемуся, раскрепощает его и дает возможность успешно реализоваться.

4. Анализ результатов прошедших олимпиад:

При анализе прошедших олимпиад вскрываются упущения, недостатки, находки, не учтённые в предыдущей деятельности, как учителя, так и ученика. Этот принцип обязателен для учителя, так как он положительно повлияет на качество подготовки к олимпиаде. Но он также необходим для учащихся, так как способствует повышению прочности знаний и умений, развивает умение анализировать не только успехи, но и недостатки.

Для учителя олимпиады – это способ заинтересовать школьников собственным предметом, продемонстрировать его с новой стороны. Подготовка к олимпиадам помогает закрепить и углубить знания, мотивировать учеников к дальнейшим занятиям [7, с. 25 – 26].

Категории олимпиад

Все олимпиады можно разделить на:

Инициативные. Это самый низкий уровень. Проводят их школы, различные организации или отдельные педагоги. Цель их проведения – выявить творческие способности учеников. Победители получают призы от организаторов.

Вузовские. Организаторами выступают различные вузы. Победители могут получить льготы и бонусы при поступлении, если олимпиада вошла в список, утвержденный Министерством просвещения России. Чаще всего вузовские олимпиады состоят из двух этапов: отборочного и заключительного.

Отборочный тур проводится дистанционно, заключительный – очно. На некоторых олимпиадах бывает по два отборочных тура.

Всероссийские. Их проводит Министерство просвещения России. Олимпиады состоят из четырех этапов: школьного, муниципального, регионального и заключительного. Победители смогут поступать в большинство государственных вузов без вступительных испытаний.

Международные. В олимпиаде принимают участие школьники, которые прошли национальный отбор. Они объединяются в команды по 4 – 6 человек, чтобы представлять свою страну в заключительных соревнованиях. Победители самых престижных олимпиад могут рассчитывать на льготы при поступлении [10, с. 30].

Выделяют четыре основных этапа Всероссийской олимпиады школьников: школьный; муниципальный; региональный; заключительный.

Школьный – организуется непосредственно образовательными учреждениями. Проводится осенью для учеников 5 – 11 классов. Задания готовятся предметно-методическими комиссиями. На этом этапе принимают участие наибольшее количество учеников. При успешном выполнении заданий дети отправляются на конкурс, проводимый между школами одного района или города. Результаты могут использоваться для составления портфолио ученика. К участию допускаются все желающие.

За организацию и методическое обеспечение отвечает оргкомитет в составе заместителя директора по учебной работе и руководителей предметных направлений. В рамках его работы определяется и контролируется регламент проведения олимпиады, утверждается состав жюри, подводятся итоги.

Муниципальный. Срок проведения приходится на ноябрь – декабрь. На этом этапе принимают участие школьники 11 классов, которые стали победителями или призерами на школьном этапе, победителями прошлогоднего муниципального этапа.

Организатором является управление образования администрации определенного города. Он устанавливает сроки, место проведения, количество квот призеров и победителей.

В муниципальном конкурсе могут принять участие в индивидуальном порядке школьники, которые выполняли задания не ниже уровня 7 класса и набрали установленное количество баллов.

Региональный – проводится органами государственной власти субъектов нашей страны в январе – феврале. Участие принимают учащиеся 9 – 11 классов. Представлен достаточно большим перечнем предметов, например, добавлены такие дисциплины, как право, искусство. Задания разрабатываются центральной предметно-методической комиссией.

Заключительный – проводится до апреля. Участвуют победители, призеры заключительного этапа прошлого года, а также те, кто набрал высокие баллы на прошлых этапах. Для получения допуска учащийся должен набрать определенное количество баллов.

Если ни один из участников регионального этапа не набрал необходимого количества баллов, то может быть направлен один участник, набравший максимальное количество очков. Ученики 5 – 8 классов, являющиеся участниками регионального этапа, допускаются до заключительного, если на предыдущих шагах выступали за 9 класс [8, с. 5].

Существует ряд требований к подготовке и проведению олимпиад, соблюдение которых обеспечивает их учебно-воспитательную эффективность.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ К ОРГАНИЗАЦИИ ОЛИМПИАД

2.1 Порядок проведения олимпиады

Все участники этапа олимпиады проходят в обязательном порядке процедуру регистрации.

В проведении тура участвуют представители оргкомитета, жюри, дежурные по аудиториям и секретарь олимпиады. Олимпиада проходит в аудиториях, оборудованных столами и стульями. На дверях прикрепляются списки участников олимпиады. В аудиториях участники размещаются по одному за столом.

Каждая олимпиада начинается с разработки заданий по общеобразовательным предметам. Перед выполнением заданий организаторы кратко рассказывают о целях и задачах олимпиады, разъясняют учащимся правила работы, желают успеха. Затем дежурные по аудитории раздают бланки ответов и комплекты заданий (которые могут быть совмещены), бумагу для черновых записей. После проведения описанных выше процедур дежурные отмечают время начала тура, а участники приступают к выполнению заданий.

В ходе работы над заданиями у учащихся могут возникнуть различные вопросы содержательного характера, на которые имеют право отвечать только члены жюри.

Они регулярно совершают обход аудиторий, в которых учащиеся выполняют задания и отвечают на возникшие вопросы. За 15 минут до истечения времени, отведенного для выполнения заданий, дежурный предупреждает учащихся о скором завершении работы. Учащиеся, выполнившие задания раньше намеченного срока, сдают дежурному бланки ответов, брошюры с заданиями и покидают аудиторию.

После того как организаторы собрали все бланки ответов, члены жюри приступают к проверке работ, далее результаты проверки вносятся в протоколы и оглашаются участникам.

2.2 Порядок проведения олимпиад. Общие сведения

Предметные олимпиады могут состоять как из одного этапа, так и из нескольких этапов. Решение о количестве этапов предметной олимпиады принимает оргкомитет.

Каждый этап предметной олимпиады может проводиться в один или несколько туров, как теоретических, так и экспериментальных. Примеры заданий теоретических туров Всероссийской олимпиады школьников можно рассмотреть в приложениях Е и Д, а примеры экспериментального тура в приложении Ж. Туры и этапы предметной олимпиады проводятся как в очной, так и в заочной формах по решению оргкомитета.

Если олимпиада включает несколько туров, все участники олимпиады допускаются ко всем турам. Промежуточные результаты первого тура не могут служить основанием для отстранения от участия во втором туре, если только участник не нарушил правила проведения первого тура.

В случае нарушения правил проведения олимпиады по решению жюри участник может быть отстранен от участия. В этом случае составляется акт об удалении участника с олимпиады. Участники олимпиады, удаленные за нарушения правил, лишаются права дальнейшего участия в олимпиаде в текущем году, их результаты аннулируются.

Во время проведения письменного тура участник может выходить из аудитории только в сопровождении организатора, при этом его работа остается в аудитории. Время, потраченное на выход из аудитории, не компенсируется [5, с. 40].

Проведение практических туров олимпиады по технологии, основам безопасности жизнедеятельности, физической культуре, компьютерного тура олимпиады по информатике осуществляется в специализированных кабинетах и помещениях, для проведения 2 тура по иностранным языкам требуются дополнительные аудитории.

Например, основным требованием олимпиады по ОБЖ является наличие у всех участников практического тура допуска, заверенного медицинским работником. При выполнении практических олимпиадных заданий все участники должны иметь спортивную одежду и обувь.

Допуски к практическому туру также необходимо иметь участнику и на олимпиаде по физической культуре.

2.3 Методика оценивания выполнения олимпиадных заданий

В комплект материалов, разработанных муниципальной предметно-методической комиссией, должны входить правильные ответы на тест, решение и подробная схема проверки каждой задачи, а также общие рекомендации по проверке задач (см. приложение В и Г).

Итоговый балл каждого участника получается суммированием результатов первого и второго туров олимпиады.

Жюри проверяет работы с полной беспристрастностью и направляет все усилия на то, чтобы результаты олимпиады были справедливыми.

Жюри оценивает только то, что написано в работе участника: не могут быть оценены комментарии и дополнения, которые участник может сделать после окончания тура (например, в апелляционном заявлении).

Фрагменты решения участника, зачеркнутые им в работе, не проверяются жюри. Если участник хочет отменить зачеркивание, он должен ясно написать в работе, что желает, чтобы зачеркнутая часть была проверена.

Участник должен излагать свое решение понятным языком, текст должен быть написан разборчивым почерком. При этом жюри не снижает оценку за помарки, исправления, орфографические, пунктуационные и стилистические ошибки, недостатки в оформлении работы, если решение участника можно понять.

Все утверждения, содержащиеся в решении участника, должны быть либо общеизвестными (стандартными), либо логически следовать из условия задачи или из предыдущих рассуждений участника. Участник может не доказывать общеизвестные утверждения. Вопрос определения общеизвестности находится в компетенции жюри, но в любом случае общеизвестными считаются факты, изучаемые в рамках школьной программы. Также, как правило, общеизвестными можно считать те факты, которые многократно использовались в олимпиадах прошлых лет и приводились без доказательств в официальных решениях. Все не общеизвестные факты, не следующие тривиально из условия, должны быть доказаны. Решение, которое явно или скрыто, опирается на не доказанные участником не общеизвестные факты, оценивается неполным баллом.

Если в решении участника содержатся противоречащие друг другу суждения, то они, как правило, не оцениваются, даже если одно из них верное. Нарушение логических последовательностей (причинно-следственных связей), как правило, приводит к существенному снижению оценки.

Если задача состоит из нескольких пунктов, то участник должен четко обозначить, где начинается решение каждого пункта. Каждый фрагмент решения проверяется в соответствии с критериями проверки, разработанными для указанного участником пункта. Если в решении участника одного из пунктов задачи содержится фрагмент решения, который может принести баллы за другой пункт задачи, жюри может не ставить эти баллы, если из решения неочевидно, что участник понимает применимость результатов к другому пункту. При решении пунктов задачи участник может ссылаться на собственные решения (ответы) других пунктов или на общую часть решения, выписанную в начале. Участник может решать задачи любым корректным способом, жюри не повышает баллы за красоту и лаконичность решения, а равно не снижает их за использование нерационального способа. Корректным может быть решение, которое нестандартно и отличается по способу от авторского (приведенного в материалах составителей).

Работа участника не должна оставлять сомнений в том, каким способом проводится решение задачи. Если участник излагает несколько решений задачи, которые являются разными по сути (и, возможно, приводят к разным ответам), и некоторые из решений являются некорректными, то жюри не обязано выбирать и проверять корректное решение. Штрафы, которые жюри присваивает за вычислительные ошибки, зависят от серьезности последствий этих ошибок. Вычислительная ошибка, которая не привела к существенному изменению дальнейшего решения задачи и качественно не изменила сути получаемых выводов, штрафуется меньшим числом баллов, чем вычислительная ошибка, существенно повлиявшая на дальнейшее решение.

Если ошибка была допущена в первых пунктах задачи и это изменило ответы участника в последующих пунктах, то в общем случае баллы за следующие пункты не снижаются, то есть они проверяются так, как если бы собственные результаты, которыми пользуется участник, были правильными. Исключением являются случаи, когда ошибки в первых пунктах упростили или качественно исказили логику дальнейшего решения и/или ответы – в этих случаях баллы за последующие пункты могут быть существенно снижены.

Если участник в своем решении опирается на метод перебора вариантов, то для полного балла должны быть разобраны все возможные случаи. Упущение хотя бы одного случая может привести к существенному снижению оценки (непропорционально доле неразобранных случаев в общем их числе).

Если для решения участнику необходимы дополнительные предпосылки, то он должен их сформулировать. Дополнительные предпосылки при этом не должны менять смысл задачи и существенно сужать круг обсуждаемых в решении ситуаций по сравнению с тем, который задан в условии.

2.4 Порядок подведения итогов

Победители и призеры олимпиады определяются по результатам выполнения заданий. Итоговый результат каждого участника подсчитывается как сумма баллов за выполнение всех заданий.

Окончательные результаты участников фиксируются в итоговой таблице, представляющей собой ранжированный список участников, расположенных по мере убывания набранных ими баллов. Участники с одинаковыми баллами располагаются в алфавитном порядке. На основании итоговой таблицы жюри определяет победителей и призеров.

Окончательные итоги олимпиады подводятся на заключительном заседании жюри после завершения процесса рассмотрения всех поданных участниками апелляций.

Документом, фиксирующим итоговые результаты соответствующего этапа олимпиады, является протокол жюри, подписанный его председателем, а также всеми членами жюри.

Председатель жюри передает протокол по определению победителей и призеров в оргкомитет для подготовки приказа об итогах соответствующего этапа олимпиады.

Официальным объявлением итогов олимпиады считается вывешенная на всеобщее обозрение в месте проведения олимпиады итоговая таблица, заверенная подписями председателя и членов жюри. Либо итоговая таблица, размещенная в сети Интернета на соответствующем сайте.

2.5 Порядок проведения апелляции

Апелляция проводится в случаях несогласия участника олимпиады с результатами оценивания его олимпиадной работы или нарушения процедуры проведения олимпиады.

Для проведения апелляции оргкомитет олимпиады создает апелляционную комиссию из членов жюри (не менее трех человек).

Порядок проведения апелляции доводится до сведения участников олимпиады, сопровождающих их лиц перед началом проведения олимпиады.

Критерии и методика оценивания олимпиадных заданий не могут быть предметом апелляции и пересмотру не подлежат.

Участнику олимпиады, подавшему апелляцию, должна быть предоставлена возможность убедиться в том, что его работа проверена и оценена в соответствии с критериями и методикой, разработанными муниципальной предметно-методической комиссией.

Для проведения апелляции участник олимпиады подает письменное заявление на имя председателя жюри по установленной форме.

Заявление на апелляцию принимаются в течение 24 часов после окончания показа работ участников или размещения ответов (решений) на сайте оргкомитета.

Рассмотрение апелляции проводится с участием самого участника олимпиады. Решения апелляционной комиссии принимаются простым большинством голосов от списочного состава комиссии. В случае равенства голосов председатель комиссии имеет право решающего голоса. Решения апелляционной комиссии являются окончательными и пересмотру не подлежат. По результатам рассмотрения апелляции жюри соответствующего этапа олимпиады принимает решение об отклонении апелляции и сохранении выставленных баллов. Либо об удовлетворении апелляции и корректировке баллов.

Работа апелляционной комиссии оформляется протоколами, которые подписываются председателем и всеми членами комиссии. Протоколы проведения апелляции передаются председателю жюри для внесения соответствующих изменений в отчетную документацию [1, с. 20 – 21].

2.6 Описание необходимого материально-технического обеспечения для выполнения олимпиадных заданий

2.6.1 Требования к оснащению рабочего места участника олимпиады

На рабочем столе участника должно быть достаточно свободного места для размещения листа заданий, листа решений и черновиков.

Для проведения туров олимпиады следует подготовить аудитории таким образом, чтобы минимизировать возможность контакта участников между собой и с другими лицами, которые могли бы помочь им в решении олимпиадных заданий. Как правило, это означает выделение каждому участнику отдельного стола или размещение участников иным образом, предполагающим значительное расстояние между ними. Стоит обратить внимание, что все участники из каждой параллели выполняют единые задания, поэтому исключение возможности списывания является принципиально важным. В случае необходимости посадить несколько участников за один стол, желательно организовать рассадку так, чтобы они выполняли разные задания (были из разных параллелей).

2.6.2 Требования к аудиториям, являющимся местом проведения олимпиады

Аудитории для проведения олимпиады лучше выделить в отдельной части здания или в отдельном здании, куда может быть ограничен доступ посторонних лиц. В помещениях необходимо обеспечивать комфортные условия: тишину, чистоту, свежий воздух, достаточную освещенность рабочих мест. Оргкомитет должен приложить все усилия к тому, чтобы во время олимпиады участников не отвлекали никакие внешние факторы.

2.6.3 Необходимое оборудование для проведения олимпиад

Для проведения туров олимпиады не требуется специальных технических средств. Помимо необходимого количества комплектов заданий и листов ответов в аудитории должны быть запасные письменные принадлежности, запасные комплекты заданий и запасные листы ответов.

Поскольку некоторые из задач могут потребовать графических построений, желательно наличие у участников олимпиады линеек, карандашей и ластиков, а также наличие в аудитории запаса этих предметов.

2.6.4 Перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады

Во время выполнения заданий олимпиады участникам запрещается использование справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники [3, с. 10 –12].

2.7 Рекомендации по работе организаторов

Организаторы олимпиады в аудитории – представители оргкомитета, назначаемые в каждую аудиторию из расчета не менее одного на каждые 20 участников (при этом в каждой аудитории должно быть не менее двух организаторов). Каждый организатор несет персональную ответственность за соблюдение порядка проведения олимпиады и осуществляет непрерывный (но не отвлекающий при этом участников) контроль происходящего в аудитории.

Перед проведением первого тура проводится инструктаж организаторов, на котором представитель жюри знакомит их с порядком проведения олимпиады и оформлением работ участниками. Организаторы должны знать: правила организации и проведения олимпиады, правила оформления работ, свои права и обязанности, права и обязанности участников. Организаторы должны быть ответственными, пунктуальными, внимательными к деталям, уметь оперативно принимать решения в нестандартных ситуациях, не испытывать проблем при коммуникации с людьми. Организаторы должны понимать, что работа на олимпиаде – ответственное задание, от надлежащего выполнения которого зависит их собственная репутация, репутация организатора заключительного этапа и всероссийской олимпиады в целом.

Организаторы должны иметь и демонстрировать бескомпромиссную приверженность стандартам честности олимпиадного состязания. Организаторами не могут быть близкие родственники участников олимпиады или иные лица, непосредственно заинтересованные в определении ее результатов.

Во время написания туров организаторы могут покидать аудиторию и делать короткие перерывы в работе, при этом в аудитории всегда должен находиться, по крайней мере, один организатор. Во время раздачи участникам заданий и бланков ответов, а также при окончании туров все организаторы должны присутствовать в аудитории.

До начала олимпиады организаторы проводят инструктаж с участниками. Информируют их о продолжительности олимпиады, порядке подачи апелляции, о возможных причинах удаления с олимпиады, времени и месте ознакомления с результатами.

Проведению олимпиад должна предшествовать длительная подготовка обучающихся к ним. Как показывает опыт работы школьных учреждений, процесс подготовки к олимпиадам должен начинаться с начала учебного года. Для подготовки учитель отбирает в каждом классе группу учащихся из 3 – 5 человек, интересующихся предметом и достигающих наилучших результатов в обучении. Участникам для успешного выступления требуется отдельная от урочной деятельности особая подготовка.

Учащимся, изучающим тот или иной предмет в качестве профильной дисциплины, в какой-то мере по сравнению со школьниками общеобразовательных классов легче подготовиться к олимпиаде, ведь их знания по предмету являются более основательными и глубокими. Эти знания приобретаются школьниками профильных классов не только при изучении основной профильной дисциплины, но и через систему элективных курсов разных направленностей, углубляющих или расширяющих тот или иной основной курс школьной дисциплины. Но следует учесть, что результаты олимпиады подводятся отдельно среди учащихся профильных и традиционных классов. Также необходимо отметить, что иногда на олимпиадах более успешными оказываются школьники из общеобразовательных классов. Это, по нашему мнению, является еще одним доводом в пользу особой подготовительной работы к выступлению старшеклассников на олимпиаде проектов.

Особая подготовка для учащихся в олимпиаде требуется, прежде всего, потому, что при их организации и проведении предпочтение отдается оригинальным идеям решения тех или иных проблем с четким их обоснованием, выбору оптимального метода выполнения задания, аргументированным выводам и т.д. К тому же участникам олимпиад часто предлагаются задания не только с использованием программных понятий и законов, но и такие задания, которые выходят за рамки учебных программ даже углубленного изучения предмета (вопросы истории науки, философские аспекты проблемы, сложные вопросы биохимии, физиологии человека и животных и др.).

Победителем олимпиады может стать только тот учащийся, который хорошо ориентируется в разных областях той или иной дисциплины.

В настоящее время создана сеть предметных заочных олимпиад по всем учебным предметам.

Участие школьников в заочных и дистанционных олимпиадах российского, всероссийского и международного уровня имеет целый ряд привлекательных моментов и для ученика, и для родителей, и для учителей:

1) дает возможность школьникам и их учителям защищать честь своей школы;

2) создает ситуацию успеха, поднимает интерес учащихся к изучению предмета;

3) привлекает учащихся уже с начальных классов к участию в олимпиадах, через несколько лет, будучи старшеклассниками, они станут «ветеранами» интеллектуальных турниров, которых можно будет смело отправить на любое соревнование;

4) по итогам проведения олимпиады учителя, ученики и их родители могут ознакомиться с результатами всех участников по нескольким критериям: по классам, по регионам, по населенным пунктам, узнать свой результат и сравнить его с лучшим;

5) каждый участник имеет возможность получить диплом призера или победителя, которые могут послужить лишним «козырем» при поступлении в вуз [9, с. 50].

При подготовке к предметным олимпиадам необходимо следовать определенной системе.

Система подготовки участников олимпиад:

а) базовая школьная подготовка по предмету;

б) подготовка, полученная в рамках системы дополнительного образования (кружки, факультативы, курсы по выбору);

в) самоподготовка (чтение научной и научно-популярной литературы, самостоятельное решение задач, поиск информации в Интернете и т.д.);

г) целенаправленная подготовка к участию в определенном этапе соревнования по тому или иному предмету (как правило, такая подготовка осуществляется под руководством педагога, имеющего опыт участия в олимпиадном движении).

Подготовка школьников к олимпиадам

Для эффективной подготовки к олимпиаде важно, чтобы олимпиада не воспринималась как разовое мероприятие, после прохождения которого вся работа быстро затухает.

– подготовка к олимпиаде должна быть систематической, начиная с начала учебного года;

– курсы по выбору целесообразнее использовать не для обсуждения вопросов теории, а для развития творческих способностей детей;

– индивидуальная программа подготовки к олимпиаде для каждого учащегося, отражающая его специфическую траекторию движения от незнания к знанию, от практики до творчества;

– использование диагностического инструмента (например, интеллектуальные соревнования по каждому разделу программы по предмету);

– уделить внимание совершенствованию и развитию у детей экспериментальных навыков, умений применять знания в нестандартной ситуации, самостоятельно моделировать свою поисковую деятельность при решении экспериментальных задач;

– использовать учителю все имеющиеся в его распоряжении возможности: мысленный эксперимент, уроки-практикумы, эксперимент в школьном кабинете и т.д.

***Выявление наиболее подготовленных, одаренных и заинтересованных школьников через*:**

1) наблюдения в ходе уроков;
2) организацию исследовательской, кружковой работы и проведение других внеклассных мероприятий по предметам;
3) оценку способностей школьников и анализ их успеваемости по смежным дисциплинам.

***Создание творческих групп, команд школьников, готовящихся к олимпиадам, которые позволяют*:**

1) реализовать взаимопомощь, передачу опыта участия в олимпиадах, психологическую подготовку новых участников;
2) уменьшить нагрузку учителя, так как часть работы по подготовке младших могут взять на себя старшие (обучая других, они будут совершенствовать и свои знания).

Планирование работы

– при планировании работы с группой школьников следует избегать формализма и излишней заорганизованности;

– оптимально выстроить индивидуальные образовательные траектории для каждого участника (свободный выбор типа заданий, разделов предмета для изучения, используемых пособий);

– предусмотреть возможность отдыха, релаксации;

– основная форма работы на занятиях – различные формы индивидуальной и парной работы.

Расширение кругозора учащихся:
– чтение книг, журналов;
– работа в Интернете;
– дистанционная подготовка;
– участие в интенсивных школах и т.д. [2, с. 30 – 33].

3. ЗАДАНИЯ ПО ОЛИМПИАДАМ

Задания олимпиад содержат, как правило, вопросы и упражнения различных типов и степени сложности. В них должно быть несколько более простых, так называемых «утешительных» вопросов для менее подготовленных, или впервые участвующих в олимпиаде школьников. Наличие в олимпиадных заданиях более легких вопросов мы считаем обязательным, так как, поставив перед новичками очень сложную задачу, мы рискуем навсегда утвердить в них неверие в свои силы со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями. Сложные вопросы олимпиады должны играть главную роль в отборе победителей школьного тура олимпиады. Их решение требует от участников олимпиады большого напряжения сил, и с ними могут справиться лишь те учащиеся, которые находятся на достаточно высокой ступени интеллектуального развития и овладения системой знаний по той или иной научной дисциплине. Примеры заданий школьного этапа Всероссийской олимпиады школьников и их решений можно рассмотреть в приложениях А и Б.

В качестве примера можно привести задания и решения школьного, муниципального и регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике.

Основное методическое требование к каждому отдельному вопросу олимпиады вытекает из общего характера большинства заданий следующего тура (уровня) олимпиады. Оно состоит в том, что ответ на олимпиадный вопрос должен показать, в какой мере школьник может творчески использовать имеющийся у него запас знаний, насколько свободно он владеет научными фактами, навыками абстрактного мышления, умением анализировать. Это требование особенно важно соблюдать при проведении олимпиад, в которых участвуют учащиеся профильных классов, так как часто учителя, работающие в таких классах, первостепенное внимание уделяют «знаниевому» компоненту воспитательно-образовательного процесса, часто выпуская из вида необходимость развития самостоятельных познавательных и творческих сил школьников.

Таким образом, главное в вопросах олимпиад – это творческий характер заданий, требующих проявить школьникам навыки познавательной самостоятельности. Приведем основные типы заданий, используемые при составлении текстов олимпиад:

1. Задачи, требующие мобилизации имеющейся в памяти информации
2. Вопросы с рисунками и схемами
3. Задачи типа «найди ошибку»
4. Вопросы на наблюдательность

5. Вопросы на перечисление
6. Вопросы о функциях
7. Задания на связь строения с образом жизни.
8. Упражнения о способах решения задачи
9. Задания на сопоставление
10. Вопросы на глобальные связи
11. Задания, требующие выдвижения гипотез
12. Задания-тесты (именно они в последние годы получают все большее распространение среди олимпиадных заданий, поскольку позволяют в максимальной степени формализовать ответ учащегося, что существенно облегчает проверку и сравнение результатов и делает их более объективными) и др. [6, с. 67].

Итак, подготовка школьников к олимпиадам заключается не столько в «наполнении и накачивании» их дополнительными знаниями (современные школьники и так знают достаточно много), сколько предполагает широкое использование заданий творческого характера, предполагающих оригинальное решение различных научных проблем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая проделанную работу, можно сформулировать основные выводы, к которым пришли, олимпиада является эффективным средством формирования знаний, умений и навыков учащихся, необходимых для их личностного и профессионального самоопределения. Олимпиада стимулирует и мотивирует личностное и интеллектуальное развитие подрастающего поколения, поддерживает одаренных детей, содействует их самоопределению и продолжению образования, раскрывает связь областей знаний, составляющих содержание общеобразовательных дисциплин, с другими областями знаний, развивает и поддерживает интерес учащихся к познавательной деятельности.

Участие в олимпиадном движении играет большую роль в формировании личности ребенка, воспитывая ответственность за начатое дело, целеустремленность, трудолюбие. Предметные олимпиады не только поддерживают и развивают интерес к предмету, но и стимулируют активность, самостоятельность.

В данной методической рекомендации подробно были рассмотрены 4 основных этапа олимпиады: школьный, муниципальный, региональный, заключительный. Начиная со школьного этапа, на всех олимпиадах присутствуют организаторы и члены жюри.

Олимпиада позволяет участникам значительно расширить свой кругозор, применить собственные знания, эрудицию и логическое мышление в нестандартной ситуации. Победители и призёры олимпиад обычно получают дипломы и награды (ценность которых зависит от уровня олимпиады), например книги или бюджетные места в вузе.

Литература

1. Белан, Н.А. Подготовка учащихся к олимпиаде по химии: методические рекомендации, справочные и дидактические материалы: учебно-методическое пособие / Н.А. Белан. – Омск: БОУ ДПО «ИРООО», 2009. – 76 с.
2. Всероссийская олимпиада школьников: региональные модели работы с интеллектуально одарёнными детьми. – М. : Академия, 2007. – 166 с.
3. Вышнепольский, В. И. Методические основы подготовки и проведения олимпиад по графическим дисциплинам в высшей школе: автореф. дис. … канд. пед. наук / В. И. Вышнепольский. – М., 2000. – 18 с.
4. Канель-Белов, А. Я., Трепалин, А. С., Ященко, И. В. Олимпиадный ковчег. – М. : МЦНМО, 2014.
5. Кирюхин, В. М. Методика проведения и подготовки к участию в олимпиадах по информатике / В. М. Кирюхин. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 271 с.
6. Молчанов, С. Г. Методологические основы организации и содержания олимпиадного движения / С. Г. Молчанов // Образование. – 2000. – № 4. – С. 66 – 77.
7. Попов, А. И. Воспитывающее обучение посредством олимпиадного движения / А. И. Попов // Вестник Ижевского государственного технического университета. – Ижевск, 2009. – № 4(44). – С. 215 – 217.
8. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 4 апреля 2014 г. № 267 г. Москва «Об утверждении Порядка проведения олимпиад школьников».
9. Путинцева, Г. В. Методические рекомендации по подготовке учащихся к олимпиадам. – М., Наука, 1994. – 180 с.
10. Свиридюк, Г. А. Всероссийская студенческая олимпиада // УМН. – 1995. – Т. 50, № 3 (303). – С. 189 – 190.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Задания школьного этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике

7 КЛАСС

Задача 1. Карлсон съедает 30 конфет каждый раз, когда летит от своего домика на крыше до квартиры Малыша. Однажды мотор Карлсона заглох в полёте, поэтому оставшиеся две трети пути до дома Малыша Карлсону пришлось идти пешком. Известно, что в этот раз за всё время движения Карлсон съел 42 конфеты. Во сколько раз быстрее Карлсон летает, чем ходит пешком? Считайте, что Карлсон летает и ходит с постоянными скоростями, а все конфеты ест за одинаковые промежутки времени, и, съев конфету, тут же принимается за следующую.

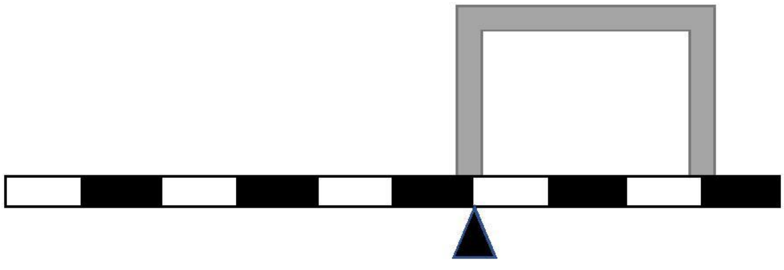
Задача 2. Скорость Гулливера при спокойной ходьбе составляет 100 глюмглеффов в секунду, а максимальная скорость маленького гепарда из страны Лилипутии – 1200 блестрег в час. Кто быстрее: Гулливер или гепард-лилипут? Известно, что 70 глюмглеффов равны 6-ти футам, 5000 блестрег равны 12-ти милям, в одной миле – 5280 футов.

Задача 3. Автомобиль едет по прямой дороге со скоростью 72 км/ч, а худощавый спортсмен совершает вдоль этой дороги пробежку в том же направлении со скоростью 3 м/с. За какое время автомобиль догонит и обгонит спортсмена, если первоначальное расстояние между передними фарами автомобиля и бегуном составляет 31 м (вдоль направления движения), а длина автомобиля равна 3 м?

8 КЛАСС

Задача 1. Катер пересёк прямую реку шириной 90 м, всё время поддерживая курс перпендикулярно течению. Чему равна средняя скорость катера относительно воды, если известно, что место прибытия катера на другой берег находится на 15 м ниже по течению от точки отправления? Скорость течения равна 1 м/с.

Задача 2. Изогнутая в виде буквы П однородная деталь массой $2m$ находится в равновесии на массивном однородном рычаге, как показано на рисунке. Найдите массу рычага.



Задача 3. У Васи есть четыре одинаковых динамометра, один из которых неисправен. Вася соединил все динамометры последовательно друг за другом и подвесил к ним груз. Показания динамометров, начиная от нижнего, составили: 4 Н, 9 Н, 12 Н, 19 Н. Можно ли по этим данным определить, какой из динамометров неисправен? Если можно, то определите. Если нельзя – то объясните, почему.

Задача 4. Однородный кирпич, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, положили трижды на поверхность горизонтального стола разными гранями.

В первом случае давление, которое оказывает кирпич на поверхность стола, равно 1 кПа, во втором – 2 кПа, в третьем – 4 кПа. Найдите массу кирпича, если плотность материала, из которого он изготовлен, равна 1,6 г/см3. Атмосферное давление не учитывать. Считайте, что g = 10 м/с2.

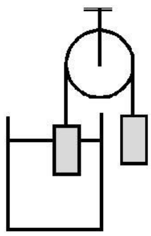
9 КЛАСС

Задача 1. Автомобиль на пути из Москвы до Ярославля двигался с переменной скоростью: сначала половину от всего времени движения его скорость составляла 100 км/ч, потом на половине оставшегося пути – 75 км/ч, а на остатке пути – 50 км/ч.

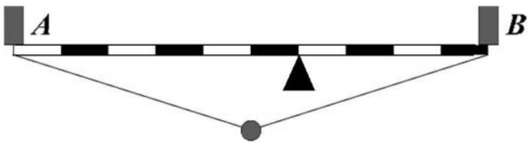
1) Найдите модуль средней скорости автомобиля на всём пути.

2) Согласно данным GPS-навигатора, координаты Москвы – 55°45'07"с.ш. и 37°36'59"в.д., а Ярославля – 57°37 ′47″с.ш. и 39°52.42 ′00″в.д. Используя эти сведения, определите приближённо, куда направлен вектор средней скорости автомобиля на всём пути?

Задача 2. Два однородных груза массами m и $2m$, соединённые переброшенной через неподвижный блок идеальной нитью, висят, как показано на рисунке. Найдите плотность материала, из которого сделан левый груз, если он погружён в воду на две трети своего объёма. Плотность воды равна1 г/см^3.

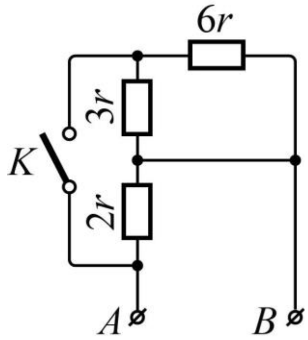


Задача 3. Два тела и бусинка, нанизанная на гладкую нить, которая прикреплена к концам однородного массивного рычага, уравновешены, как показано на рисунке. Найдите массу рычага, если масса груза A равна m, груза B – 4 m, а бусинки – m.



Задача 4. В теплоизолированный сосуд налили 200 г воды при температуре t_1 □ 20□С и последовательно бросают в него одинаковые кубики льда при температуре t_2 □□□10□С. Сколько кубиков льда можно бросить в сосуд, чтобы после установления теплового равновесия температура оказалась равной 0°С? Масса одного кубика равна 10 г. Удельная теплота плавления льда □ = 330

кДж/кг, удельная теплоёмкость льда $c_л = 2100\frac{Дж}{кг \times °C}$, удельная теплоёмкость воды $c_в = 4200\frac{Дж}{кг \times °C}$. Вода из сосуда не выливается.



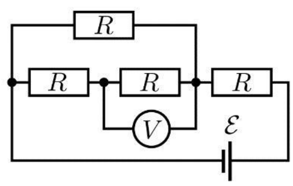
Задача 5. Определите общее сопротивление R_{AB} электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, при замкнутом и разомкнутом ключе *K*. Считайте сопротивление *r* известным.

10 КЛАСС

Задача 1. Автомобиль, едущий по шоссе с постоянной скоростью 54 км/ч, проезжает мимо второго автомобиля, стоящего на соседней полосе. В этот момент второй автомобиль трогается с места и начинает ехать за первым, двигаясь с постоянным ускорением 5м/с2. За какое время второй автомобиль догонит первый? Какую скорость он будет иметь в момент, когда поравняется с первым? Автомобили считать материальными точками.

Задача 2. Полая металлическая сфера массой *m* и радиусом *R* всплывает со дна озера с постоянной скоростью. Груз какой массы нужно поместить внутрь сферы, чтобы она погружалась с такой же по модулю скоростью? Сила сопротивления, действующая на шар со стороны жидкости, зависит только от скорости шара относительно жидкости и направлена противоположно этой скорости. Плотность жидкости , объём сферы равен $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

Задача 3. Точечное тело бросают с поверхности Земли под некоторым углом к горизонту. Определите, при каких значениях этого угла кинетическая энергия тела в течение всего времени полёта будет больше его потенциальной энергии. Потенциальная энергия на поверхности Земли равна нулю; сопротивлением воздуха можно пренебречь.



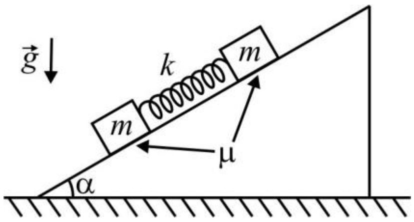
Задача 4. Идеальный вольтметр включён в цепь, схема которой изображена на рисунке. Цепь состоит из четырёх одинаковых резисторов сопротивлением *R* и батареи с напряжением 9 В и нулевым внутренним сопротивлением. Найдите показания вольтметра.

Задача 5. В частных домах иногда используют проточный водонагреватель, в случае если к дому не подведены трубы с горячей водой. Температура холодной воды, идущей из крана, равна 14°C, а температура текущей из душа воды (которая «прошла» через нагреватель), равна 40°C. Определите объёмный расход воды в душе (в литрах в минуту), если потребляемая мощность водонагревателя 5 кВт, а его КПД равен 80%. Удельная теплоёмкость воды $4200\frac{Дж}{кг \times °С}$, плотность воды 1000 кг/м3. При работе проточного водонагревателя вся втёкшая в него холодная вода подогревается и сразу же вытекает наружу.

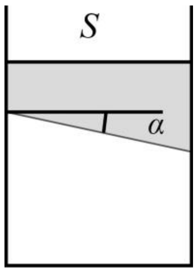
11 КЛАСС

Задача 1. В стрелочных часах часовая стрелка совершает полный оборот за 12 ч, минутная – за 1 ч, секундная – за 1 минуту. Часы лежат на горизонтальном столе циферблатом вверх. Стол равномерно поворачивают вместе с часами, вращая его по часовой стрелке (если смотреть на часы сверху, со стороны циферблата) вокруг той же оси, на которую насажены стрелки. Стол делает полный оборот вокруг оси вращения за 3 минуты. В полночь все стрелки были направлены на север. Какие значения будут показывать часы в те моменты времени, когда каждая из стрелок окажется направленной на север в следующий раз?

Задача 2. Два одинаковых маленьких бруска массами m = 0,6 кг каждый соединили друг с другом легкой пружиной жёсткостью k = 80 Н/м и положили на наклонную плоскость, образующую угол □□□ 30□ с горизонтом, так, как показано на рисунке. Коэффициент трения между брусками и плоскостью равен □□□ 0,8. При какой максимальной деформации □x пружины эта система может находиться в покое? Считайте, что g = 10 м/с^2.



Задача 3. В сосуде под покоящимся поршнем, нижняя плоская поверхность которого составляет с горизонтом угол □□□ 30□, находится воздух. Во сколько раз изменится объём воздуха под поршнем, если на него медленно насыпать песок массой m □ 20 кг? Масса поршня равна M □ 5кг, площадь поперечного сечения сосуда S □ 20 см2, атмосферное давление p_0 □10^5 Па.

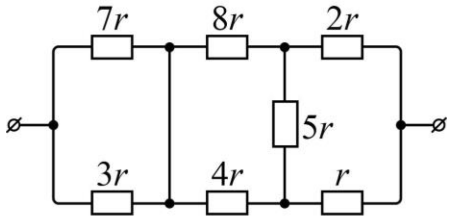


Считайте, что g = 10 м/с^2 и трения нет.

Задача 4. Пластины плоского конденсатора площадью S каждая несут заряды $+q$ и $-q$. Найдите, каким станет напряжение U на конденсаторе, если на каждую пластину поместить дополнительно по заряду $+q$. Расстояние между пластинами равно d.Считайте, что $d << \sqrt{S}$

Задача 5. Определите сопротивление цепи, схема которой показана на рисунке, если r 1 Ом.

Ответ выразите в омах.



Приложение Б

Решения и критерии оценивания заданий школьного этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике

7 КЛАСС

Задача 1. Карлсон съедает 30 конфет каждый раз, когда летит от своего домика на крыше до квартиры Малыша. Однажды мотор Карлсона заглох в полёте, поэтому оставшиеся две трети пути до дома Малыша Карлсону пришлось идти пешком. Известно, что в этот раз за всё время движения Карлсон съел 42 конфеты. Во сколько раз быстрее Карлсон летает, чем ходит пешком? Считайте, что Карлсон летает и ходит с постоянными скоростями, а все конфеты ест за одинаковые промежутки времени, и съев конфету, тут же принимается за следующую.

Возможное решение 1

Так как все конфеты одинаковые и Карлсон их всё время ел, то количество съеденных конфет пропорционально прошедшему времени. Когда Карлсон пролетел 1/3 пути, он съел 10 конфет. За оставшуюся дорогу он съел всего 32 конфеты вместо обычных 20-ти, т.е. времени на преодоление оставшегося пути прошло в 32/20=8/5 раз больше. Отсюда следует, что скорость Карлсона в полёте в 8/5 = 1,6 раз больше, чем при ходьбе.

Критерии оценивания

Количество съеденных конфет пропорционально прошедшему времени…………………. **2 балла**
На 1/3 пути Карлсон съел 10 конфет………………………………………………………. **2 балла**
За оставшуюся дорогу он съел всего 32 конфеты вместо обычных 20-ти………………….. **3 балла**
Окончательный ответ………………………………………………………………………**3 балла**

Возможное решение 2

Пусть Карлсон съедает одну конфету за время t, скорость полета – $V_{полета}$, скорость пешком – $V_{пешком}$, весь путь – s. Запишем уравнения для времени движения в рассматриваемых ситуациях:

$$\begin{cases} 30t = \dfrac{s}{V_{полета}}, \\ 42t = \dfrac{s/3}{V_{полета}} + \dfrac{2s/3}{V_{пешком}} \end{cases}$$

Выразим t из первого уравнения и подставим во второе:

$$\begin{cases} t = \dfrac{S}{30V_{полета}}, \\ \dfrac{42s}{30V_{полета}} = \dfrac{s/3}{V_{полета}} + \dfrac{2s/3}{V_{пешком}}. \end{cases}$$

$$\frac{16}{15}\frac{1}{V_{полета}} = \frac{2}{3}\frac{1}{V_{пешком}}.$$

$$V_{полета} = \frac{8}{5}V_{пешком}.$$

Критерии оценивания

Записано уравнение для времени движения в обычном случае………………………. **2 балла**
Записано уравнение для времени движения в случае поломки двигателя……………… **3 балла**
Составлено верное уравнение связи скоростей…………………………………………... **3 балла**
Получен численный ответ………………………………………………………………… **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2. Скорость Гулливера при спокойной ходьбе составляет 100 глюмглеффов в секунду, а максимальная скорость маленького гепарда из страны Лилипутии – 1200 блестрег в час. Кто быстрее: Гулливер или гепард-лилипут? Известно, что 70 глюмглеффов равны 6-ти футам, 5000 блестрег равны 12-ти милям, в одной миле – 5280 футов.

Возможное решение

Для сравнения двух скоростей необходимо привести их к общей размерности. Выразим скорость гепарда в глюмглеффах в секунду. Скорость гепарда составляет:

$$1200\frac{блес}{ч} = 1200 \times \frac{12}{5000}\frac{миль}{ч} = 1200 \times \frac{12}{5000} \times 5280\frac{фут}{ч} = 1200 \times \frac{12}{5000} \times 5280 \times \frac{70}{6}\frac{глюм}{ч}$$
$$= 1200 \times \frac{12}{5000} \times 5280 \times \frac{70}{6} \times \frac{1}{3600}\frac{глюм}{с} = 49{,}28\frac{глюм}{с}.$$

Таким образом, Гулливер быстрее гепарда-лилипута.

Примечание: *при решении задачи возможно приведение скоростей к любым другим одинаковым единицам измерения.*

Критерии оценивания

Высказана идея о приведении скоростей к общей размерности ....**3 балла**
Скорости приведены к общей размерности ....**5 балла**
Получено верное соотношение скоростей ....**2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3. Автомобиль едет по прямой дороге со скоростью 72 км/ч, а худощавый спортсмен совершает вдоль этой дороги пробежку в том же направлении со скоростью 3 м/с. За какое время автомобиль догонит и обгонит спортсмена, если первоначальное расстояние между передними фарами автомобиля и бегуном составляет 31 м (вдоль направления движения), а длина автомобиля равна 3 м?

Возможное решение

Скорость автомобиля составляет $V_{авт} = 72\frac{км}{ч} = 72 \times \frac{1000}{3600}\frac{м}{с} = 20\frac{м}{с}$. Скорость сближения автомобиля со спортсменом равна $V_{сбл} = V_{авт} - V_{пеш} = 17\frac{м}{с}$. Автомобиль догонит и обгонит спортсмена, когда его задние фары сравняются со спортсменом, то есть когда автомобиль проедет на $L = 31 + 3 = 34$ м больше, чем пробежит спортсмен. Значит, искомое время составляет:

$$t_{обг} = \frac{L}{V_{сбл}} = 2\ с$$

Критерии оценивания

Найдена скорость сближения…………………………………...………………..**4 балла**

Найдено L…………………………………………………………………………**3 балла**

Найдено время, за которое автомобиль догонит и обгонит спортсмена............**3 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 30 баллов.

8 КЛАСС

Задача 1. Катер пересёк прямую реку шириной 90 м, всё время поддерживая курс перпендикулярно течению. Чему равна средняя скорость катера относительно воды, если известно, что место прибытия катера на другой берег находится на 15 м ниже по течению от точки отправления? Скорость течения равна 1 м/с.

Возможное решение

Катер смещается относительно берега за счёт скорости течения, так как относительно воды катер движется перпендикулярно течению и берегу. Значит, время движения катера можно вычислить, зная его смещение по течению и скорость течения:

$$t = \frac{15\ м}{1\ м/с} = 15\ с$$

Средняя скорость катера относительно воды перпендикулярна берегу, значит:

$$V_{сред} = \frac{90\ м}{15\ с} = 6\frac{м}{с}.$$

Критерии оценивания

Отмечено, что на смещение вдоль берега влияет только скорость течения………………… **2 балла**

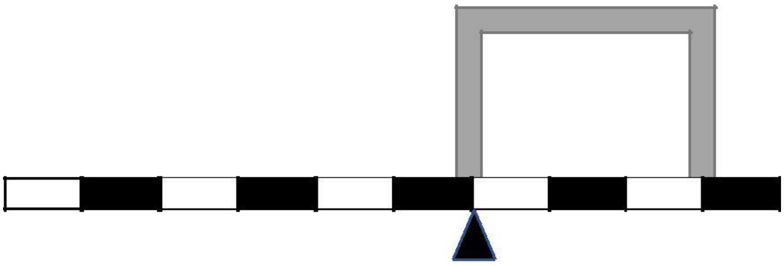
Найдено время движения……………………………………………………………………**3 балла**

Отмечено, что на смещение перпендикулярно берегу влияет только скорость катера относительной воды………………………………………………………………………… **3 балла**

Найдена средняя скорость относительной воды…………………………………………….. **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2. Изогнутая в виде буквы П однородная деталь массой $2m$ находится в равновесии на массивном однородном рычаге, как показано на рисунке. Найдите массу рычага.



Возможное решение

Рассмотрим силы, действующие на систему «рычаг + деталь». Таких сил три. Это: 1) сила реакции со стороны опоры N; 2) сила тяжести, действующая на рычаг, – она приложена слева от опоры на расстоянии одного деления рычага от неё; 3) сила тяжести, действующая на деталь, – она приложена справа от опоры на расстоянии полутора делений рычага от неё. Запишем уравнение моментов для сил, действующих на рычаг, относительно точки опоры. Пусть масса рычага равна M, а длина одной десятой части рычага (то есть одного деления) равна l. Тогда:

$$2mg*1.5l=Mg*l \Rightarrow M=3m.$$

Критерии оценивания

Указаны все действующие на рычаг силы (направление, величина и точка приложения) – по **2 балла** за каждую силу	**6 баллов**
Правильно записано уравнение моментов	**3 балла**
Найдена масса рычага	**1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3. У Васи есть четыре одинаковых динамометра, один из которых неисправен. Вася соединил все динамометры последовательно друг за другом и подвесил к ним груз. Показания динамометров, начиная от нижнего, составили: 4 Н, 9 Н, 12 Н, 19 Н. Можно ли по этим данным определить, какой из динамометров неисправен? Если можно, то определите. Если нельзя – то объясните, почему.

Возможное решение

Показания исправных одинаковых динамометров должны увеличиваться на одну и ту же величину при переходе к следующему более высокому динамометру, так как более высокий динамометр взвешивает, кроме груза, и все динамометры, находящиеся снизу под ним. Предположим, что неисправен нижний динамометр, тогда остальные три должны быть исправны, однако разницы их показаний не одинаковы, то есть приходим к противоречию. Аналогично убеждаемся, что верхний динамометр также должен быть исправным. Отсюда следует, что груз весит 4 Н, а три нижних динамометра весят (19 Н) – (4 Н) = (15 Н), т.е. вес одного динамометра равен 5 Н. Следовательно, неисправен третий динамометр, считая снизу, – тот, который показывает 12 Н.

Критерии оценивания

Показания исправных одинаковых динамометров должны увеличиваться на одну и ту же величину при переходе к следующему более высокому динамометру…………………………………………………………………………………… **1 балл**

Более высокий динамометр взвешивает, кроме груза, еще и все динамометры, находящиеся снизу………………………………………………………………………….. **2 балла**

Доказано, что нижний динамометр исправлен……………………………………………**2 балла**

Доказано, что верхний динамометр исправлен…………………………………………… **1 балл**

Груз весит 4Н……………………………………………………………………………….. **1 балл**

Один динамометр весит 5Н…………………………………………………………………. **2 балла**

Установлено, что третий динамометр, считая снизу, неисправен……………………………. **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 4. Однородный кирпич, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, положили трижды на поверхность горизонтального стола разными гранями.

В первом случае давление, которое оказывает кирпич на поверхность стола, равно 1 кПа, во втором – 2 кПа, в третьем – 4 кПа. Найдите массу кирпича, если плотность материала, из которого он изготовлен, равна 1,6 г/см^3. Атмосферное давление не учитывать. Считайте, что g = 10 м/с^2.

Возможное решение

Пусть длины рёбер кирпича равны a, b и c. Тогда площади граней равны ab, bc и ac соответственно. Давление выражается через силу $F_{\perp}$, действующую на опору перпендикулярно к ней, и площадь S контакта с этой опорой, как $P = \frac{F_{\perp}}{S}$. На опору перпендикулярно ей во всех случаях действует вес кирпича, численно равный mg, если кирпич находится в равновесии. Тогда:

$$\begin{cases} P_1 = \dfrac{mg}{ab} = 1\ кПа, \\ P_2 = \dfrac{mg}{bc} = 2\ кПа, \\ P_3 = \dfrac{mg}{ac} = 4\ кПа. \end{cases}$$

Заметим, что если перемножить все три равенства, то получится:

$$P_1P_2P_3 = \frac{(mg)^3}{(abc)^2} = \frac{(mg)^3}{V^2} = \left(\frac{m}{V}\right)^2 mg^3 = p^2mg^3,$$

откуда

$$m = \frac{P_1P_2P_3}{\rho^2 g^3} = \frac{1000 \times 2000 \times 4000}{1600^2 \times 10^3} \frac{Па^3}{\left(\frac{кг}{м^3}\right)^2 \left(\frac{м}{с^2}\right)^3} = 3{,}125\ кг.$$

Примечание: *если при решении задачи школьники будут считать известным, что стороны кирпича относятся как 1:2:4, и, исходя из этого, получат верный ответ, – то такое решение следует считать правильным.*

Критерии оценивания

Записана формула для выражения давления (в общем виде)……………………………….. **1 балл**

Для каждого из трёх положений кирпича записано выражение для давления через массу и длины рёбер кирпича (по **2 балла** за каждое)……………………………………………… **6 баллов**

Получено верное выражение для массы кирпича………………………………………….. **2 балла**
Получено значение массы кирпича……………………………………………………. **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.
Всего за работу 40 баллов.

9 КЛАСС

Задача 1. Автомобиль на пути из Москвы до Ярославля двигался с переменной скоростью: сначала половину от всего времени движения его скорость составляла 100 км/ч, потом на половине оставшегося пути – 75 км/ч, а на остатке пути – 50 км/ч.

1) Найдите модуль средней скорости автомобиля на всём пути.

2) Согласно данным GPS-навигатора, координаты Москвы – 55°45'07" с. ш. и 37°36'59" в. д., а Ярославля – 57°37′47″ с. ш. и 39°52.42′00″в. д. Используя эти сведения, определите приближённо, куда направлен вектор средней скорости автомобиля на всём пути?

Возможное решение

Рассчитаем среднюю скорость на втором и третьем участках. Пусть пройденный на этих участках путь равен S_{23}, а скорости на этих участках равны V_2 = 75 км/ч и V_3 = 50 км/ч соответственно. Тогда средняя скорость V_{23} на этих участках:

$$V_{23}=\frac{S_{23}}{t_{23}}=\frac{S_{23}}{t_2+t_3}=\frac{S_{23}}{\frac{0{,}5\times S_{23}}{V_2}+\frac{0{,}5\times S_{23}}{V_3}}=\frac{2}{\frac{1}{V_2}+\frac{1}{V_3}}=\frac{2V_2V_3}{V_2+V_3}=60\frac{км}{ч}.$$

Теперь рассчитаем среднюю скорость за всё время движения. Пусть весь пройденный путь равен S, время, затраченное на весь путь, равно t, а скорость на первом участке равна V_1 = 100 км/ч. Тогда средняя скорость $V_{ср}$ за всё время движения:

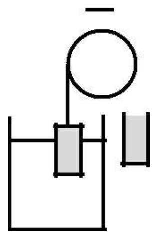
$$V_{cp}=\frac{S}{t}=\frac{V_1\frac{1}{2}+V_{23}\frac{t}{2}}{t}=\frac{V_1+V_{23}}{2}=80\frac{км}{ч}.$$

Поскольку и в северном направлении, и в восточном направлении города имеют координаты, отличающиеся примерно на 2 градуса, то можно считать, что средняя скорость автомобиля направлена приближённо на северо-восток.

Критерии оценивания

Верно в общем виде записано выражение для средней скорости…………………………… **2 балла**
Получено выражение для V_{23}... **3 балла**
Рассчитано значение V_{23}.. **1 балл**
Получено выражение для $V_{ср}$.. **2 балла**
Рассчитано значение $V_{ср}$... **1 балл**
Правильно определено направление средней скорости автомобиля на всем пути (приближенно на северо-восток)……………………………………………………………**1 балл**
Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2. Два однородных груза массами m и $2m$, соединённые переброшенной через неподвижный блок идеальной нитью, висят, как показано на рисунке.



Найдите плотность материала, из которого сделан левый груз, если он

погружён в воду на две трети своего объёма;

плотность воды равна 1 г/см^3.

Возможное решение

Легко заметить, что груз, частично погруженный в воду, имеет массу $2m$, а правый груз – массу m.

Раз система находится в равновесии, значит, сумма сил, действующих на правое тело, равна нулю. На это тело действует сила тяжести mg, направленная вертикально вниз, и сила натяжения нити T, направленная вертикально вверх. Таким образом, $T=mg$.

Груз, частично погружённый в воду, тоже находится в равновесии, а значит, сумма сил, действующих на него, равна нулю. На это тело действуют сила натяжения нити T, сила Архимеда $F_{Арх}$, направленные вертикально вверх, и сила тяжести $2mg$, направленная вертикально вниз. Таким образом:

$$2\,mg = F_{Арх} + T\,,$$

$$2mg = \rho_{воды} g \times \frac{2}{3} V + mg.$$

Здесь $V = 2m/\rho$ груза. Отсюда:

$$\rho_{груза} = \frac{2m}{V} = \frac{4}{3}\rho_{воды} \approx 1{,}33\,\frac{г}{см^3}.$$

Критерии оценивания

Указано, что груз массой 2m находится слева.. **2 балла**

Записано условие равновесия для первого груза... **2 балла**

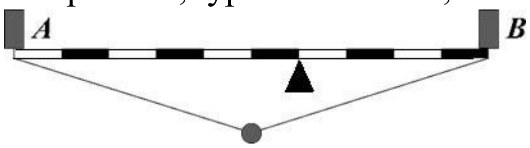
Записано условие равновесия для левого груза.. **3 балла**

Записано выражение для плотности левого груза...**2 балла**

Получено значение плотности левого груза.. **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3. Два тела и бусинка, нанизанная на гладкую нить, которая прикреплена к концам однородного массивного рычага, уравновешены, как показано на рисунке. Найдите массу рычага, если масса груза A равна m, груза B – $4m$, а бусинки m.



Возможное решение

Бусинка находится в равновесии, если горизонтальные проекции сил натяжения нити, действующих на бусинку, равны друг другу по модулю. Поскольку рычаг в состоянии равновесия горизонтален, получаем, что бусинка находится в равновесии, если она расположена ровно под серединой рычага.

Рассмотрим силы, действующие на систему «рычаг – нить – бусинка». Со стороны груза A на рычаг действует сила mg, которая приложена к левому краю рычага и направлена вертикально вниз. Со стороны груза B на рычаг действует сила $4mg$, которая приложена к правому краю рычага и направлена вертикально вниз. Также на рычаг действует сила тяжести, которая в силу однородности рычага приложена к центру рычага и направлена вертикально вниз. Помимо вышеуказанных сил на рычаг действует сила реакции со стороны опоры N, приложенная в месте контакта с опорой и направленная вертикально вверх. На бусинку же действует сила тяжести mg, приложенная к ней и направленная вертикально вниз. Силы натяжения нити для выбранной системы являются внутренними.

Запишем уравнение моментов для системы «рычаг – нить – бусинка» относительно точки опоры. Пусть масса рычага равна M, а длина одной десятой части рычага – l. Тогда: mg □ 6l □ mg □ l □ Mg □ l □ 4 mg □ 4l, M□9m.

Критерии оценивания

Отмечено, что бусинка находится под серединой рычага:..**2 балла**

Указаны все внешние силы, действующие на выбранную систему тел (по **1 баллу**)……. **5 баллов**

Правильно записано правило моментов…………………….. **2 балла**

Найдена масса рычага…………………………………………………………………… **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 4. В теплоизолированный сосуд налили 200 г воды при температуре t_1 □ 20 □С и последовательно бросают в него одинаковые кубики льда при температуре t_2 □□□10□С. Сколько кубиков льда можно бросить в сосуд, чтобы после установления теплового равновесия температура оказалась равной 0°С? Масса одного кубика равна 10г. Удельная теплота плавления льда □ = 330 кДж/кг, удельная теплоёмкость льда $C_л = 2100\frac{Дж}{кг \times °С}$, удельная теплоёмкость воды $C_в = 4200\frac{Дж}{кг \times °С}$. Вода из сосуда не выливается.

Возможное решение

Заметим, что конечная температура, равная 0°С, может достигаться, если после теплообмена в сосуде будут находиться и вода, и лёд, поскольку 0°С – это температура фазового перехода (плавления льда). Таким образом, если положить в сосуд слишком много кубиков льда, то вся вода замёрзнет и температура содержимого (льда) будет ниже нуля, а если в сосуд положить недостаточное число кубиков льда, то весь лёд растает и температура содержимого (воды) будет выше нуля. Таким образом, записывая два уравнения теплового баланса (для максимального и минимального числа кубиков льда), получим ограничения для этих чисел:

$$\begin{cases} Q_{охл.воды} + Q_{замерз.воды} \geq Q_{нагр.льда}, \\ Q_{охл.воды} \leq Q_{нагр.льда} + Q_{плавл.льда}, \end{cases}$$

где $Q_{охл.воды}$ – теплота, выделяющаяся при охлаждении до нуля, $Q_{замерз.воды}$ – теплота, выделяющаяся при замерзании воды, $Q_{нагр.льда}$ – теплота, поглощаемая при нагревании льда до нуля, $Q_{плавл.льда}$ – теплота, поглощаемая при плавлении льда.

$$\begin{cases} c_в m_в(t_1 - 0°C) + \lambda m_в \geq c_л n_{max} m_л(0°C - t_2), \\ c_в m_в(t_1 - 0°C) \leq c_л n_{min} m_л(0°C - t_2) + \lambda n_{min} m_л. \end{cases}$$

Отсюда:

$$\begin{cases} n_{max} \leq \dfrac{c_в m_в(t_1 - 0°C) + \lambda m_в}{c_л m_л(0°C - t_2)} = \dfrac{4200 \frac{Дж}{кг \times °C} \times 0{,}2\ кг \times 20°C + 330\ 000 \frac{Дж}{кг} \times 0{,}2кг}{2100 \frac{Дж}{кг \times °C} \times 0{,}01\ кг \times 10°C} \approx 394{,}3, \\ n_{min} \geq \dfrac{c_в m_в(t_1 - 0°C)}{c_л m_л(0°C - t_2) + \lambda m_л} = \dfrac{4200 \frac{Дж}{кг \times °C} \times 0{,}2\ кг \times 20°C}{2100 \frac{Дж}{кг \times °C} \times 0{,}01\ кг \times 10°C + 330\ 000 \frac{Дж}{кг} \times 0{,}01кг} \approx 4{,}8 \end{cases}$$

Учитывая, что n_{max}, n_{min} – целые числа, получаем ответ: 5 □ n □ 394.

Критерии оценивания

Указано, что конечная температура содержимого сосуда равна нулю, если содержимое – это смесь воды и льда ....**1 балл**

Записаны уравнения теплового баланса для максимального и минимального числа кубиков (по **2 балла** за каждое) .... **4 балла**

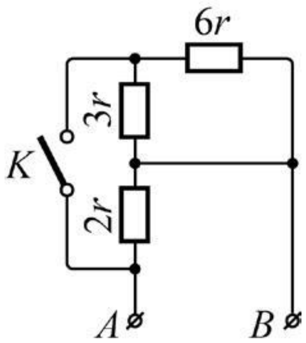
Получены условия для максимального и минимального числа кубиков (по **1,5 балла** за каждое) ....………….**3 балла**

Найдены верные целые значения максимального и минимального числа кубиков (по **1 баллу** за каждое) .... **2 балла**

Если определено только максимальное или только минимальное количество кубиков, то за такое решение ставится не более ***5 баллов****.*

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 5. Определите общее сопротивление R_{AB} электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, при замкнутом и разомкнутом ключе K.



Считайте сопротивление r известным.

Возможное решение

Заметим, что в случае замкнутого ключа все резисторы соединены параллельно друг другу и их общее сопротивление равно

$$R_{AB} = \left(\frac{1}{6r} + \frac{1}{3r} + \frac{1}{2r}\right)^{-1} = r$$

В случае разомкнутого ключа узлы D и F соединены перемычкой, значит, резисторы $3r$ и $6r$ подключены параллельно идеальному проводнику, то есть их можно не учитывать при расчёте общего сопротивления. Таким образом, общее сопротивление равно R_{AB} □$2r$.

Критерии оценивания

Для замкнутого ключа объединены узлы C, E и D, F (по **2 балла** за пару), то есть показано, что резисторы соединены параллельно друг дугу………………………………… **4 балла**

Для замкнутого ключа найдено общее сопротивление R_{AB} = r.. **2 балла**

Для разомкнутого ключа объединены узлы D и F.. **2 балла**

Для разомкнутого ключа найдено общее сопротивление R_{AB} =2 r……………………………...... **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 50 баллов.

10 КЛАСС

Задача 1. Автомобиль, едущий по шоссе с постоянной скоростью 54 км/ч, проезжает мимо второго автомобиля, стоящего на соседней полосе. В этот момент второй автомобиль трогается с места и начинает ехать за первым, двигаясь с постоянным ускорением 5 м/ с^2. За какое время второй автомобиль догонит первый? Какую скорость он будет иметь в момент, когда поравняется с первым? Автомобили считать материальными точками.

Возможное решение

Перемещения автомобилей с момента первой встречи до момента второй встречи равны. Пусть t – промежуток времени между встречами, S – модуль перемещения автомобилей за этот промежуток времени, $V_1 = 54\frac{км}{ч} = 15\frac{м}{с}$ – скорость первого автомобиля, a – ускорение второго автомобиля. Тогда:

$$S = V_1 t = \frac{at^2}{2},$$

$$t = \frac{2V_1}{a} = \frac{2 \times 15\frac{м}{с}}{5\frac{м}{с^2}} = 6с.$$

Скорость второго автомобиля спустя время t равна: $V_2 = at = 30\frac{м}{с} = 108\frac{км}{ч}$.

Критерии оценивания

Указано, что перемещения автомобилей между их встречами равны………………………... **2 балла**

Записано выражение для равенства перемещений……………………............................... **3 балла**

Найдено t…………………………………………………………………………………….. **1 балл**

Записано выражение для V_2... **3 балла**

Найдено значение V_2... **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2. Полая металлическая сфера массой m и радиусом R всплывает со дна озера с постоянной скоростью. Груз какой массы нужно поместить внутрь сферы, чтобы она погружалась с такой же по модулю скоростью? Сила сопротивления, действующая на шар со стороны жидкости, зависит только от скорости шара относительно жидкости и направлена противоположно этой скорости. Плотность жидкости □, объём сферы равен $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Возможное решение

При всплытии сферы с постоянной скоростью сумма сил, действующих на неё, равна нулю. Вертикально вниз действуют силы тяжести mg и сопротивления $F_{сопр}$, а вертикально вверх – сила Архимеда $F_{Арх}$. При движении вниз с той же постоянной скоростью вертикально вниз действует сила тяжести (m □□□m) g, где □m – масса добавленного груза, а вертикально вверх – такая же сила Архимеда $F_{Арх}$, как в первом случае, и сила сопротивления $F_{сопр}$ (неизменная по модулю в силу равенства модулей скоростей сферы относительно воды в обоих случаях). Таким образом:

$$\begin{cases} F_{Арх} = mg + F_{сопр}, \\ F_{Арх} = (m + \Delta m)g - F_{сопр}. \end{cases}$$

Сложив уравнения, получим:

$$2F_{Арх} = 2mg + \Delta mg,$$

$$\Delta m = 2\frac{F_{Арх} - mg}{g} = 2(\rho V - m) = 2\left(\frac{4}{3}\pi R^3 \rho - m\right).$$

Критерии оценивания

Указано, что силы Архимеда в обоих случаях равны………...**1 балл**

Указано, что силы сопротивления в обоих случаях равны по модулю и противоположны по направлению………………………………………………………………………… **2 балла**

Записаны уравнения для сил (по 3 балла за каждое).. **6 баллов**

Получено выражение для Δm... **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3. Точечное тело бросают с поверхности Земли под некоторым углом к горизонту. Определите, при каких значениях этого угла кинетическая энергия тела в течение всего времени полёта будет больше его потенциальной энергии. Потенциальная энергия на поверхности Земли равна нулю; сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Возможное решение

Пусть начальная скорость тела равна V_0, угол к горизонту, под которым бросают тело, равен α, масса тела – m.

Заметим, что максимальное значение потенциальной энергии достигается при максимальной высоте подъёма (в верхней точке траектории), а минимальное значение кинетической энергии достигается при минимальном значении скорости (также в верхней точке траектории). То есть, если в верхней точке траектории кинетическая энергия превышает потенциальную, то она превышает потенциальную и во всех других точках траектории.

Запишем это условие:

$$E_{пот.max} < E_{кин.min},$$

$$mgh_{max} < m\frac{V_{min}^2}{2}$$

$$mg \times \frac{g}{2}\frac{(V_0 sin\alpha)^2}{g^2} < m\frac{(V_0 cos\alpha)^2}{2},$$

$$\sin^2 \alpha < \cos^2 \alpha.$$

Учитывая, что $0° < \alpha < 90°$, $\sin \alpha > 0$, $\cos \alpha > 0$, имеем:

$$\sin \alpha < \cos \alpha,$$

$$\mathrm{ctg}\,\alpha > 1,$$

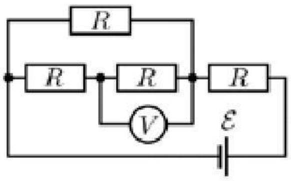
$$0° < \alpha < 45°.$$

Критерии оценивания

Указано, что максимальное значение потенциальной энергии достигается в верхней точке траектории тела…………………………………………………………………… **1 балл**

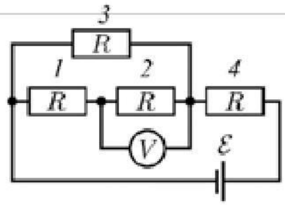
Указано, что минимальное значение кинетической энергии достигается в верхней точке траектории тела…………………………………………………………………….. **1 балл**
Записано выражение для потенциальной энергии в верхней точке траектории…………………………………………………………………………. **2 балла**
Записано выражение для кинетической энергии в верхней точке траектории **2 балла**
Получено условие для угла в неявном виде **2 балла**
Определены все значения α, при которых выполняется требуемое условие **2 балла**
Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 4. Идеальный вольтметр включён в цепь, схема которой изображена на рисунке. Цепь состоит из четырёх одинаковых резисторов сопротивлением R и батареи с напряжением □□□ 9В и нулевым внутренним сопротивлением. Найдите показания вольтметра.



Возможное решение

Пронумеруем резисторы, как показано на рисунке.



Общее сопротивление резисторов 1, 2 и 3 равно

$$R_{123} = \frac{1}{1/R + 1/(2R)} = \frac{2R}{3}.$$

Полное сопротивление всей цепи равно $R_{полн} = R + R_{123} = \frac{5R}{3}$.

Сила тока, текущего через резистор 4, равна $I = \frac{\varepsilon}{R_{полн}} = \frac{\varepsilon}{R + R_{123}} = \frac{3\varepsilon}{5R}$.

Сопротивления участков цепи, включённых параллельно, относятся как 1:2. Следовательно, сила тока I_{12}, текущего через резисторы 1 и 2, в два раза меньше, чем сила тока, текущего через резистор 3. Поэтому сила тока I_{12} составляет 1/3 часть от силы тока I, то есть $I_{12} = \frac{I}{3} = \frac{\varepsilon}{5R}$.

Таким образом, вольтметр показывает напряжение $U_V = I_{12}R = \frac{\varepsilon}{5} = 1{,}8$ В.

Критерии оценивания
Найдено общее сопротивление резисторов 1, 2 и 3.. **2 балла**
Найдено полное сопротивление всей цепи.. **1 балл**
Найдена сила тока I, текущего через резистор 4.. **1 балл**
Показано, $I_{12}=I_{32}$... **2 балла**
Найдена сила тока I_{12}, текущего через резистор 2.. **3 балла**
Найдены показания вольтметра.. **1 балл**
Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 5. В частных домах иногда используют проточный водонагреватель, в случае если к дому не подведены трубы с горячей водой. Температура холодной воды, идущей из крана, равна 14°С, а температура текущей из душа воды (которая «прошла» через нагреватель), равна 40°С. Определите объёмный расход воды в душе (в литрах в минуту), если потребляемая мощность водонагревателя 5 кВт, а его КПД равен 80%. Удельная теплоёмкость воды $4200\frac{Дж}{кг \times {}^\circ C}$, плотность воды 1000 кг/м^3. При работе проточного водонагревателя вся втёкшая в него холодная вода подогревается и сразу же вытекает наружу.

Возможное решение

Введём обозначения: q – искомый объёмный расход воды, □ – время использования душа, □ – плотность воды, c – удельная теплоемкость воды, t_1, t_2 – температуры воды до и после нагревания соответственно, □ – КПД бойлера, N – мощность нагревателя. Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_{нагревателя} = Q_{воды},$$

$$\eta N \tau = \rho c q \tau (t_2 - t_1).$$

Отсюда

$$q = \frac{\eta N}{\rho c (t_2 - t_1)} = \frac{0{,}8 \times 5000\ Вт}{1000\frac{кг}{м^3} \times 4200\frac{Дж}{кг \times {}^\circ C} \times 26^\circ C} \approx 3{,}66 \times 10^{-5}\frac{м^3}{с} \approx 2{,}2\ \frac{л}{мин}.$$

Критерии оценивания

Записано уравнение теплового баланса………………………………………………….. **4 балла**
Получено выражение для объемного расхода.. **4 балла**
Правильно вычислено значение объёмного расхода в л/мин.. **2 балла**
Максимум за задачу 10 баллов.
Всего за работу 50 баллов

10 КЛАСС

Задача 1. В стрелочных часах часовая стрелка совершает полный оборот за 12 ч, минутная – за 1 ч, секундная – за 1 мин. Часы лежат на горизонтальном столе циферблатом вверх. Стол равномерно поворачивают вместе с часами, вращая его по часовой стрелке (если смотреть на часы сверху, со стороны циферблата) вокруг той же оси, на которую насажены стрелки. Стол делает полный оборот вокруг оси вращения за 3 мин. В полночь все стрелки были направлены на север. Какие значения будут показывать часы в те моменты времени, когда каждая из стрелок окажется направленной на север в следующий раз?

Возможное решение

Пусть угловые скорости (измеряемые в об/мин) стола, секундной, минутной и часовой стрелок – □$_{ст}$, □$_{сек}$, □$_{мин}$, □$_{ч}$ соответственно. Стрелка в следующий раз окажется направленной на север, когда она сделает полный оборот относительно поверхности Земли. Запишем это условие для секундной стрелки:

$$(\omega_{ст} + \omega_{сек})\Delta t_{сек} = 1,$$

где □$t_{сек}$ – время, за которое секундная стрелка сделает один оборот относительно поверхности Земли. Отсюда:

$$\Delta t_{сек} = \frac{1}{\omega_{ст} + \omega_{сек}} = \frac{1}{\frac{1}{3\text{ мин}} + \frac{1}{1\text{ мин}}} = \frac{3}{4}\text{ мин} = 45\ с.$$

Таким образом, в следующий раз секундная стрелка окажется направленной на север, когда часы будут показывать 00:00:45.

Запишем аналогичное условие для минутной стрелки:

(□$_{ст}$ □□□$_{мин}$) □$t_{мин}$ □1, где □$t_{мин}$□□□–□□время, □за которое минутная стрелка сделает один оборот относительно поверхности Земли.

Отсюда:

$$\Delta t_{сек} = \frac{1}{\omega_{ст} + \omega_{сек}} = \frac{1}{\frac{1}{3\text{ мин}} + \frac{1}{1\text{ мин}}} = \frac{3}{4}\text{ мин} = 45с$$

Таким образом, в следующий раз минутная стрелка окажется направленной на север, когда часы будут показывать 00:02:51.

Запишем аналогичное условие для часовой стрелки:

(□$_{ст}$ □□□$_{ч}$) □$t_{ч}$ □1,

где □$t_{ч}$ – время, за которое часовая стрелка сделает один оборот относительно поверхности Земли. Отсюда:

$$\Delta t_{сек} = \frac{1}{\omega_{ст} + \omega_{сек}} = \frac{1}{\frac{1}{3\text{ мин}} + \frac{1}{60\text{ мин}}} = \frac{60}{24}\text{ мин} \approx 171{,}4\text{ с} = 2\text{ мин } 51{,}4\text{ с}.$$

Таким образом, в следующий раз часовая стрелка окажется направленной на север, когда часы будут показывать 00:02:59.

Критерии оценивания

Указано, что угловые скорости стрелок и стола складываются.. **1 балл**

Записано соотношения для оборота секундной стрелки.. **1 балл**

Получено значения $\Delta t_{сек}$... **1 балл**

Записано соотношение для одного оборота минутной стрелки..**1 балл**

Получено значения Δt_{min}... **1 балл**

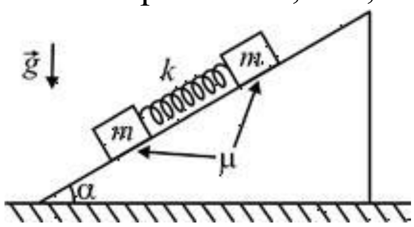
Записано соотношение для одного оборота часовой стрелки..**1 балл**

Получено значения $\Delta t_{ч}$.. **1 балл**

Получены значения показаний часов (за каждое значение по **1 баллу**)………………… **3балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2. Два одинаковых маленьких бруска массами m = 0,6 кг каждый соединили друг с другом легкой пружиной жёсткостью k = 80 Н/м и положили на наклонную плоскость, образующую угол □□□ 30□ с горизонтом, так, как показано на рисунке. Коэффициент трения между брусками и плоскостью равен □□□ 0,8. При какой максимальной деформации □x пружины эта система может находиться в покое? Считайте, что g = 10 м/с^2.



Возможное решение

Заметим, что силы реакции опоры, действующие на бруски, одинаковы и равны по модулю N □ mg cos□, так как силы упругости пружины, действующие на тела, параллельны плоскости. Следовательно, одинаковы и модули действующих на бруски максимальных сил трения покоя. Если пружина растянута, то очевидно, что раньше начнет двигаться верхний брусок, а если сжата – то нижний. Для покоящегося бруска справедливо следующее условие равновесия (одинаковое как для верхнего, так и для нижнего бруска): $F_{упр}$ □ mg sin □□□ $F_{тр.пок}$.

Здесь $F_{тр.пок.}$ – модуль силы трения покоя, $F_{упр}$□k□x – модуль силы упругости пружины. В момент начала скольжения сила трения покоя становится максимальной по модулю и равной силе трения скольжения:

$F_{тр.пок.}$ □ $F_{тр.скол.}$ □□□N □□□mg cos□.

При этом деформация пружины становится максимальной. Поэтому

$$\Delta x_{max} = \frac{\mu mg\ cosa - mgsina}{k} = \frac{mg}{k}(\mu cosa - sina) \approx 1{,}45 \text{ см}$$

Таким образом, □x_{max} □ 1,4 см – пружина может быть сжата или растянута на такую максимальную величину.

Критерии оценивания

Указано, что силы реакции опоры брусков одинаковы по модулю.. **1 балл**

Указано, что одинаковы модули действующих на бруски максимальных сил трения покоя…………………………………………………………………………………..… **1 балл**

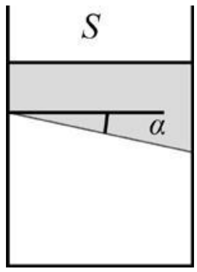
Записано условие равновесия бруска, который начинает скользить……………………....... **2 балла**

Получено выражение для Δx_{max}.. **2 балла**

Найдено числовое значение Δx_{max} ....**2 балла**

Указано, что пружина может быть как растянута, так и сжата……………………………..….. **2 балла**

Задача 3. В сосуде под покоящимся поршнем, нижняя плоская поверхность которого составляет с горизонтом угол □□□ 30□, находится воздух. Во сколько раз изменится объём воздуха под поршнем, если на него медленно насыпать песок массой m □ 20 кг? Масса поршня равна M □ 5 кг, площадь поперечного сечения сосуда S □ 20 см2, атмосферное давление p_0 □10^5Па.



Считайте, что g = 10 м/с^2 и трения нет.

Возможное решение

Пусть давление газа под поршнем p. Тогда проекция на вертикальную ось силы, действующей со стороны газа на поршень, равна $F_\perp = p\frac{S}{cosa}cosa = pS$, то есть она зависит лишь от площади поперечного сечения сосуда. Запишем условие равновесия поршня в исходном состоянии и после насыпания песка:

$$\begin{cases} p_1 S = Mg + p_0 S \\ p_2 S = mg + Mg + p_0 S' \end{cases}$$

где p_1, p_2 – давление газа под поршнем до и после насыпания песка на поршень соответственно.

Считая газ под поршнем идеальным, а процесс, в силу медленности насыпания песка, изотермическим, запишем уравнение Бойля-Мариотта для газа под поршнем:

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{mg + Mg + p_0}{Mg + p_0S} = \frac{20\text{ кг} \times 10\frac{\text{Н}}{\text{кг}} + 5\text{ кг} \times 10\frac{\text{Н}}{\text{кг}} + 100\,000\text{ Па} \times 0{,}002\text{м}^2}{5\text{ кг} \times 10\frac{\text{Н}}{\text{кг}} + 100\,000\text{ Па} \times 0{,}002\text{м}^2} = 1{,}8$$

Таким образом, объём воздуха под поршнем уменьшится в 1,8 раза.

Критерии оценивания

Показано, что вертикальная проекция силы, действующей со стороны газа на поршень, зависит лишь от площади поперечного сечения сосуда	**2 балла**
Записаны условия равновесия поршня (по **1,5 балла** за каждое условие)	**3 балла**
Записан закон Бойля-Мариотта	**2 балла**
Получено выражение для V_1/V_2	**2 балла**
Найдено численное значение V_1/V_2	**1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 4. Пластины плоского конденсатора площадью S каждая несут заряды $+q$ и $-q$. Найдите, каким станет напряжение U на конденсаторе, если на каждую пластину поместить дополнительно по заряду $+q$? Расстояние между пластинами равно d. Считайте, что $d << \sqrt{S}$.

Возможное решение

Новый заряд первой пластины $q_1 = q + q = 2q$, а новый заряд второй пластины $q_2 = -q + q = 0$. После дозарядки пластин напряжённость поля между ними будет создаваться только первой пластиной, т.к. вторая – электрически нейтральна. Поскольку расстояние между обкладками мало по сравнению с линейными размерами пластин, то можно рассматривать обе пластины как практически бесконечные плоскости, находясь вдали от краёв конденсатора. Тогда напряжённость поля, создаваемого первой пластиной вдали от краёв конденсатора, равна $E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{2q}{2S\varepsilon_0} = \frac{q}{S\varepsilon_0}$. Напряжение между обкладками, в силу однородности поля вдали от границ обкладок, будет равно

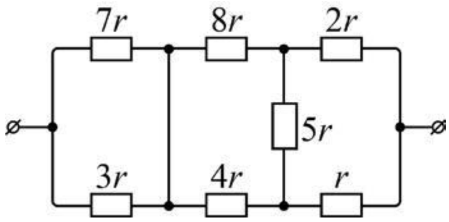
$U = E_1 d = \frac{qd}{S\varepsilon_0}$, то есть не изменится!

Критерии оценивания

Найдены заряды обкладок после дозарядки (по **1 баллу** за каждый)……………………....	**2 балла**
Указано, что из-за малости расстояния между обкладками по сравнению с размерами пластин пластины можно считать бесконечными, находясь вдали от краёв обкладок……	**2 балла**
Отмечено, что вторая обкладка не создаёт электрического поля...	**2 балла**
Найдена напряженность поля вдали от краёв обкладок..	**2 балла**
Получено выражение для U...	**2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

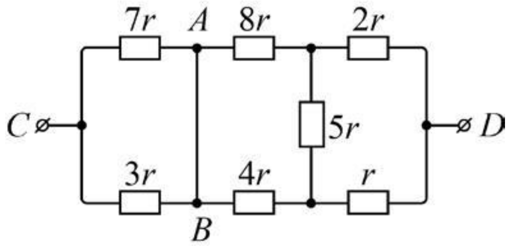
Задача 5. Определите сопротивление цепи, схема которой показана на рисунке, если r □1 Ом.



Ответ выразите в омах.

Возможное решение

Заметим, что точки A и B соединены идеальным проводником, то есть их можно объединить в одну точку A'. Участок цепи между узлами A' и D – это сбалансированный мост, так как $8r$ □ r □ $2r$ □ $4r$. Таким образом, из цепи можно удалить резистор сопротивлением $5r$.



Общее сопротивление между контактами A' и D равно:

$$R_{A'D} = \left(\frac{1}{2r+8r} + \frac{1}{4r+r}\right)^{-1} = \frac{10}{3}r$$

Общее сопротивление между узлам С и A' равно:

$$R_{CA'} = \left(\frac{1}{7r} + \frac{1}{3r}\right)^{-1} = \frac{21}{10}r$$

Таким образом, $R_{CD} = R_{CA'} + R_{A'D} = \frac{21}{10}r + \frac{10}{3}r = \frac{163}{30}r \approx 5{,}4$ Ом

Критерии оценивания

Узлы A и B объединены в узел A':... **2 балла**

Показано, что мост между узлами A' и D – сбалансированный... **2 балла**

Определено $R_{A'D}$:.. **2 балла**

Определено $R_{CA'}$:.. **2 балла**

Определено R_{CD}:... **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

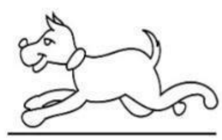
Всего за работу 50 баллов.

Приложение В

Задания муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике

7 КЛАСС

1. Пёс Мухтар обходит по границе охраняемый им участок в форме прямоугольника, длины сторон которого соотносятся как 1:2, а периметр p = 600 *саженей*.



Определите площадь S охраняемого Мухтаром участка в *гектарах*. Известно, что 1 *гектар* = 100 *соток*, 1 *сотка* = 100 м^2, 1 *сажень* = 3 *аршина*, 1 *аршин* = 71,12 см. Ответ округлите до трёх значащих цифр.

2. Экспериментатор Глюк первую часть своего маршрута двигался на автомобиле по грунтовой дороге со скоростью V_1 = 50 км/ч, затем по шоссе со скоростью V_2 = 100 км/ч.

В некоторый момент движения по шоссе Глюк обнаруживает неисправность в автомобиле и принимает решение вернуться в исходную точку по тому же маршруту. Соблюдая предосторожность, на обратном пути Глюк ведёт автомобиль со средней скоростью V_3 = 30 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всём пути, если движение по грунтовой дороге составило две трети от всего пути.

3. Длинная колонна велосипедистов проезжает по шоссе мимо поста ДПС. В момент, когда середина колонны поравнялась с постом, от него по тому же шоссе стартуют два мотоциклиста в противоположных направлениях. Когда один из мотоциклистов достигает головы колонны, другой оказывается в её хвосте. Определите скорость движения колонны V, если известно, что скорости мотоциклистов отличались на V = 30 км/ч.

4. Автобус и легковой автомобиль одновременно въезжают на шоссе с односторонним движением. На рисунке 1 представлен график зависимости скорости автобуса от времени движения по шоссе, а на рисунке 2 график зависимости скорости автомобиля от пройденного им по шоссе пути. Кто первым (легковой автомобиль или автобус) преодолеет расстояние **5** км по шоссе? Кто пройдёт больший путь за первые 5 минут при движении по шоссе?

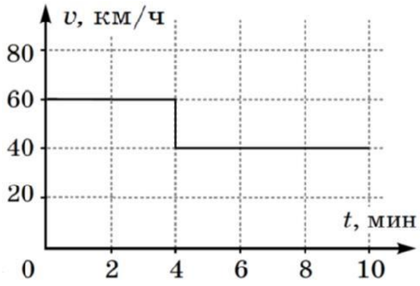


Рис. 1

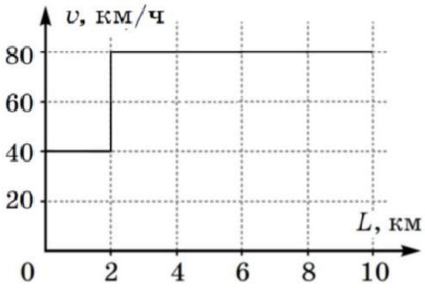
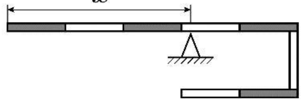


Рис. 2

8 КЛАСС

1. Электричка, движущаяся с постоянной скоростью, проследовала некоторую станцию без остановки. Найдите время t движения электрички мимо стоящего на платформе человека, если известно, что мимо движущегося вдоль платформы пешехода электричка проходит за время t_1 = 16 с, а мимо второго пешехода, движущегося с той же скоростью, что и первый, но в противоположном направлении – за время t_2 = 24 с.

2. Тонкий однородный стержень длиной L = 128 см, размеченный на 8 равных участков и изогнутый под



прямыми углами, находится в положении равновесия, опираясь на призменную опору, как показано на рисунке.

Найдите расстояние x от левого края стержня до опоры.

3. Два одинаковых цилиндрических сосуда с площадью поперечного сечения S = 50 см^2 стоят на горизонтальном столе и соединены снизу тонкой трубочкой. В первом из них находится вода, а во втором масло. Плотности воды и масла ρ_0 = 1 г/см^3 и ρ = 0,9 г/см^3 соответственно. Найдите разность уровней h этих жидкостей (рис. 1), если известно, что при помещении на поверхность масла поршня массой m = 360 г, уровень масла в этом сосуде станет равным уровню воды в другом. Учтите, что перетекающее в первый сосуд масло всплывает и оказывается на поверхности воды (рис. 2). Поршень плотно прилегает к стенкам сосуда, трением поршня о стенки сосуда пренебречь.

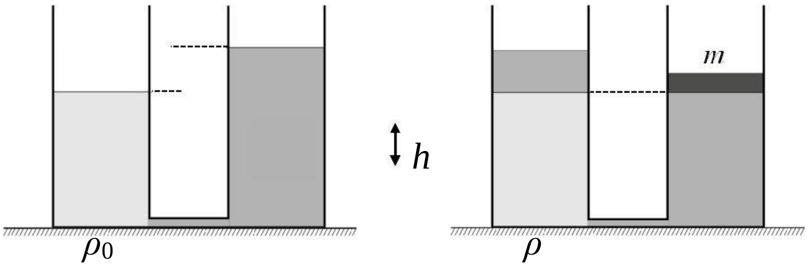


Рис. 1 *Рис. 2*

4. Если в сосуд объёмом V = 500 мл, до краёв заполненный холодной водой, поместить горячий камень массой m = 200 г, то температура воды в сосуде повысится на $t1$ = 6°C, а температура камня понизится на $t2$ = 64°C. Найдите плотность камня ρ, если плотность воды ρ_0 = 1 г/см^3, удельная теплоёмкость воды c_0 = 4,2 кДж/(кг·°C), удельная теплоёмкость камня c = 0,8 кДж/(кг·°C). Считайте, что камень полностью погружен в воду. Теплоёмкостью сосуда, теплообменом с окружающей средой и испарением воды пренебречь.

9 КЛАСС

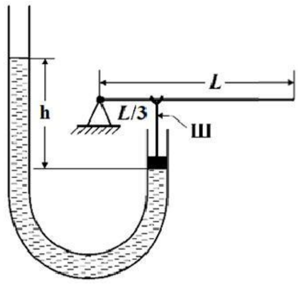
1. На озере в безветренную погоду рыбак ловил рыбу с лодки на расстоянии L=480м от пристани. Заметив инспектора Рыбнадзора на этой пристани, рыбак снимается с якоря и, налегая на весла, сообщает лодке скорость V_1 = 3 м/с в направлении, перпендикулярном отрезку, соединяющему место лова с пристанью. В этот момент, заподозрив рыбака в браконьерстве, инспектор моментально садится в катер и «на всех парах» преследует рыбака.

За какое минимальное время катер инспектора может догнать лодку рыбака, если катер развивает максимальную скорость V_2 = 18 км/ч?

2. Совершив поворот и выехав на прямолинейный участок дороги со скоростью $V0$= 72 км/ч, водитель автомобиля замечает корову, беспечно стоящую на дороге на расстоянии L = 50 м от него, и сразу нажимает на тормоз.

Найдите время торможения, а также среднюю скорость автомобиля на первой половине тормозного пути, если машина остановилась прямо перед удивлённой коровой. Считайте ускорение автомобиля при торможении постоянным.

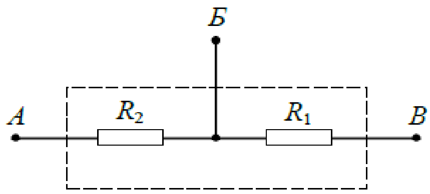
3. Однородный стержень некоторой длины L и массы M = 200 г, один из концов которого шарнирно закреплен, находится в горизонтальном положении равновесия, опираясь на верхний конец штока Ш. Данный шток жёстко связан с поршнем, плотно вставленным в одно из колен вертикальной неподвижной U-образной трубки (см. рисунок). В трубку налито масло плотностью ρ = 0,8 г/см^3. Площадь поперечного сечения трубки S = 10 см^2, масса поршня со штоком m = 100 г. Найдите разность уровней h масла в коленах трубки, если расстояние от точки опоры стержня на шток до оси шарнира равно $L/3$.



Трением в системе пренебречь.

4. В калориметр, содержащий m = 1 кг воды с температурой t = 18°C, один за другим опускают 50 кубиков льда массой m_0 = 5 г каждый, имеющих одинаковую начальную температуру t_0 = 0 °C. Считая, что после опускания каждого кубика в калориметре устанавливается тепловое равновесие, а вода из калориметра не выливается, определите, сколько кубиков полностью расплавятся. Удельная теплоёмкость воды c = 4,2 кДж/(кг·°C), удельная теплота плавления льда λ = 340 кДж/кг. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

5. В «сером ящике» с тремя выводами *А*, *Б* и *В* находится электрическая цепь, состоящая из резистора с сопротивлением R_1 = 10 Ом и резистора с неизвестным сопротивлением R_2, схема которой представлена на рисунке. К выводам *А* и *В* подключают источник постоянного напряжения U = 70 В, а к выводам Б и В – амперметр, сопротивление которого r = 5 Ом. Амперметр при таком подключении показывает ток I = 2 А. Что покажет амперметр, если его подключить к выводам А и Б?

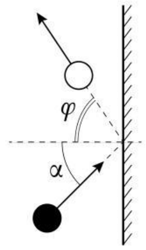


10 КЛАСС

1. Велосипедист и мотоциклист начинают одновременно двигаться из пункта *А* в пункт *Б* по прямой дороге. Велосипедист сначала разгоняется с некоторым постоянным ускорением, затем движется равномерно в течение времени t_0, а в конце замедляется с тем же по модулю ускорением, что и на участке разгона. У мотоциклиста отсутствует участок равномерного движения, а его разгон и торможение происходят с такими же, как у велосипедиста, ускорениями и длятся вдвое дольше. Оба участника движения останавливаются именно в момент прибытия в пункт *Б*. Какое время затратит каждый из участников движения на прохождение маршрута?

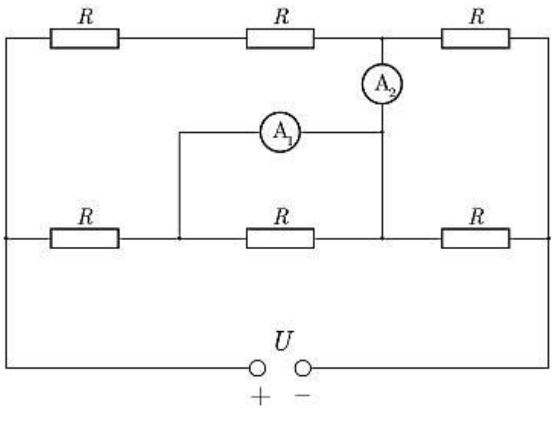
2. С какими скоростями V_1 и V_2 будут всплывать в вязкой жидкости два шара (легкий и тяжёлый) одинакового радиуса, связанные длинной тонкой невесомой нерастяжимой нитью, при установившемся движении? Известно, что один легкий шар всплывает в этой жидкости со скоростью V_0, а тяжелый имеет нулевую плавучесть (находится в безразличном равновесии в этой жидкости, погружаясь в неё полностью). Считайте, что сила сопротивления жидкости при движении шара пропорциональна его скорости.

3. При ударе об идеально гладкую неподвижную стену шарик теряет треть своей кинетической энергии. Под каким углом φ отскакивает шарик, если угол его падения $\alpha = 45°$ (см. рисунок)?



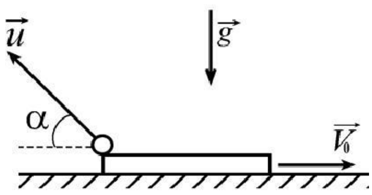
4. Кусок льда при температуре t = 0°C поместили в изначально пустой теплоизолированный цилиндрический сосуд и прочно прикрепили ко дну тонкой сеткой. Затем в сосуд быстро налили воду, масса m которой равна массе льда. При этом лёд оказался полностью погружен в воду, уровень которой достиг отметки h_0 = 19 см. При какой минимальной начальной температуре t_0 должна находиться вода, чтобы лёд растаял полностью? Каким при этом станет уровень h воды в сосуде? Удельная теплоёмкость воды c = 4,2 кДж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда λ = 340 кДж/кг. Плотности воды и льда ρ_0 = 1 г/см^3 и ρ = 0,9 г/см^3 соответственно.

5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, амперметры идеальные, а все резисторы имеют одинаковые сопротивления R = 1 кОм. Напряжение источника U = 140 В. Найдите показания амперметров. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



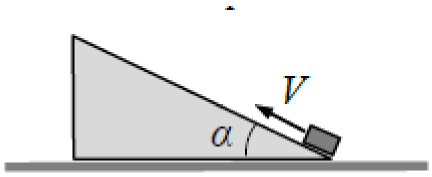
11 КЛАСС

1. Массивная платформа всё время движется с постоянной скоростью V_0 =5 м/с по горизонтальному полу. С заднего края платформы производится удар по мячу, вследствие чего мяч начинает двигаться относительно платформы со скоростью $u = 2V_0$. При этом вектор относительной скорости u составляет угол α = 45°С горизонтом (см. рисунок). На каком расстоянии от заднего края

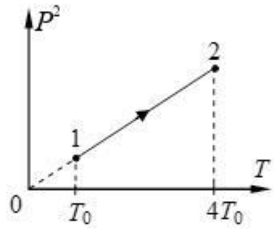


платформы будет находиться мяч в момент приземления? Высотой платформы и сопротивлением воздуха пренебречь. Все скорости лежат в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2.

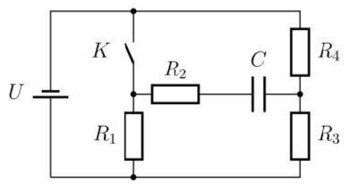
2. Клин массой M с углом наклона α покоится на горизонтальной поверхности льда (см. рисунок). Какую минимальную скорость V необходимо сообщить телу массы m вдоль клина, чтобы оно поднялось на высоту h (h меньше высоты клина)? Трением системе пренебречь. Ускорение свободного падения g.



3. Два моля гелия нагреваются в процессе 1 – 2, при котором квадрат давления линейно зависит от температуры, как показано на диаграмме (P – давление, T – абсолютная температура). Изобразите этот процесс на PV– диаграмме (V – объём) и найдите работу, совершённую гелием, если его начальная температура T_0 = 200 К. Универсальная газовая постоянная R = 8,31 Дж/(моль·К).



4. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, напряжение источника U, ёмкость конденсатора C, сопротивления всех резисторов одинаковы: R_1= R_2 = R_3 = R_4 = R. Найдите заряд q, протекающий через резистор R_2 после замыкания ключа K. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



5. При помощи тонкой линзы с диаметром d_0 = 8 см и фокусным расстоянием F = 6 см на экране получено изображение точечного источника, расположенного на главной оптической оси линзы на расстоянии a = 15 см от неё. Каким окажется диаметр d светлого пятна на экране, если экран отодвинуть на l = 1 см от линзы? Плоскость экрана перпендикулярна главной оптической оси линзы.

Приложение Г

Критерии оценивания олимпиадных заданий муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике

Проверяя олимпиадную работу учащегося, будьте внимательны, объективны и доброжелательны.

При проверке олимпиадной работы руководствуйтесь критериями разбалловки, приведёнными ниже после решения каждой из задач. При этом проверяющий имеет право ставить неполный балл за действие, обозначенное в критериях, если оно выполнено учащимся частично.

Каждая задача (независимо от уровня сложности) оценивается из 10 баллов. Таким образом, за свою работу ученик может получить максимально 40 баллов (в 7 – 8 классах) и 50 баллов (в 9 –10 –11 классах).

Имейте в виду, что предложенные учениками решения задач могут быть правильными, даже если эти решения кардинально отличаются от авторских! В этом случае рекомендуется придерживаться следующих критериев оценивания:

0 баллов – если ученик не приступал к решению задачи или приступил, но никаких разумных соображений не привёл;

3 балла – если ученик написал разумные соображения, уравнения и рисунки, но полную систему уравнений для решения задачи составить не смог;

6 баллов – ученик понял физику решения, составил полную систему уравнений, необходимую для решения задачи, но довести решение системы до конца не смог;

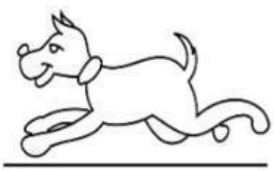
9 баллов – ученик решил правильно задачу в общем виде (получил буквенный ответ), но сделал математические ошибки в окончательных вычислениях;

10 баллов – задача решена полностью (при этом способ решения, предложенный учеником, может кардинально отличаться от авторского).

7 КЛАСС

(условия задач и возможные решения)

1. Пёс Мухтар обходит по границе охраняемый им участок в форме прямоугольника, длины сторон которого соотносятся как 1:2, а периметр p = 600 *саженей*.



Определите площадь S охраняемого Мухтаром участка в *гектарах*.

Известно, что 1 *гектар* = 100 *соток*, 1 *сотка* = 100 м^2, *сажень* = 3 *аршина*, 1 *аршин* = 71,12 см.

Ответ округлите до трёх значащих цифр.

Возможное решение

Пусть a – длина короткой, а b – длина длинной сторон прямоугольника ($b = 2a$ по условию задачи). Тогда периметр прямоугольника $p = 2(a + b) = 6a$ и, следовательно, $a = p/6$.

Для площади участка имеем: $S = ab = 2a^2 = p^2/18$

Выражаем периметр p в метрах:

$p =$ 600 *саженей* $=$ 600 $\cdot$ 3 *аршина* $=$ 600 $\cdot$ 3 $\cdot$ 71,12 см $=$ 600 $\cdot$ 3 $\cdot$ 71,12 $\cdot$ 0,01 м $=$ 1280,16 м.

Выражаем площадь участка в гектарах:

$$S = \frac{p^2}{18} = \frac{1280{,}16^2}{18}\text{м}^2 = \frac{1280{,}16^2}{18} \times \frac{1}{100}\,\textit{сотки} = \frac{1280{,}16^2}{18} \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{100}\,\textit{гектара} \approx 9{,}10\text{ га}$$

Ответ: площадь охраняемого Мухтаром участка $S = \dfrac{p^2}{18} \approx 9{,}10$ га.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Выражены стороны прямоугольника через периметр	2
2.	Выражен периметр участка в метрах	3
3.	Записана формула для площади прямоугольника	1
4.	Получена площадь охраняемого участка в *гектарах* с округлением до трёх значащих цифр	4
Итого максимально за задачу		*10*

2. Экспериментатор Глюк первую часть своего маршрута двигался на автомобиле по грунтовой дороге со скоростью V_1 = 50 км/ч, затем по шоссе со скоростью V_2 = 100 км/ч. В некоторый момент движения по шоссе Глюк обнаруживает неисправность в автомобиле и принимает решение вернуться в исходную точку по тому же маршруту. Соблюдая предосторожность, на обратном пути Глюк ведёт автомобиль со средней скоростью V_3 = 30 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всём пути, если движение по грунтовой дороге составило две трети от всего пути.

Возможное решение

Пусть S – весь путь, пройденный Глюком на автомобиле, а t – всё время движения. Так как по грунтовой дороге Глюк на автомобиле проехал путь $\frac{2S}{3}$, тогда первую часть этого пути, т.е. S/3, он двигался со скоростью V_1. По шоссейной дороге он проехал путь S/3, а значит, первые S/6 по шоссе двигался со скоростью V_2. При движении в обратном направлении путь S/2 он проехал со средней скоростью V_3. Таким образом, всё время движения:

$$t = \frac{\frac{1}{3}S}{V_1} + \frac{\frac{1}{6}S}{V_2} + \frac{\frac{1}{2}S}{V_3}.$$

С учётом этого средняя скорость автомобиля на всём пути:

$$V_{ср} = \frac{S}{t} + \frac{S}{\frac{\frac{1}{3}S}{V_1} + \frac{\frac{1}{6}S}{V_2} + \frac{\frac{1}{2}S}{V_3}} = \frac{6V_1V_2V_3}{2V_2V_3 + V_1V_3 + 3V_1V_2} = 40\frac{км}{ч}.$$

Ответ: средняя скорость автомобиля на всём пути $V_{ср} = \frac{6V_1V_2V_3}{2V_2V_3 + V_1V_3 + 3V_1V_2} = 40\frac{км}{ч}$.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Определено, какие части всего пути автомобиль двигался со скоростями V_1, V_2 и V_3 соответственно	4
2.	Записано выражение для всего времени движения автомобиля	3
3.	Найдена средняя скорость автомобиля на всём пути	3
Итого максимально за задачу		*10*

3. Длинная колонна велосипедистов проезжает по шоссе мимо поста ДПС. В момент, когда середина колонны поравнялась с постом, от него по тому же шоссе стартуют два мотоциклиста в противоположных направлениях. Когда один из мотоциклистов достигает головы колонны, другой оказывается в её хвосте. Определите скорость движения колонны V, если известно, что скорости мотоциклистов отличались на $V = 30$ км/ч.

Возможное решение

Пусть L – длина колонны, V_1 и V_2 – скорости мотоциклистов, движущихся в сторону головы и хвоста колонны соответственно, а t – время, через которое один из мотоциклистов достигает головы колонны, а другой оказывается в её хвосте. Учитывая, что скорости мотоциклистов относительно колонны равны $V_1 - V$ и $V_2 + V$, и каждый из них относительно колонны проезжает расстояние, равное половине длины L, приходим к системе уравнений:

$$\begin{cases} \frac{L}{2} = (V_1 - V)t; \\ \frac{L}{2} = (V_2 - V)t. \end{cases}$$

Откуда получаем $V = \frac{V_1 - V_2}{2} = \frac{\Delta V}{2} = 15\frac{\text{км}}{\text{ч}}.$

Ответ: скорость движения колонны $V = \frac{\Delta V}{2} = 15\frac{\text{км}}{\text{ч}}.$

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Указано, что скорости мотоциклистов относительно колонны равна $V_1 - V$ и $V_2 - V$ соответственно	3
2.	Получена система уравнений	3
3.	Определена скорость движения колонны	4
Итого максимально за задачу		*10*

4. Автобус и легковой автомобиль одновременно въезжают на шоссе с односторонним движением. На рисунке 1 представлен график зависимости скорости автобуса от времени движения по шоссе, а на рисунке 2 график зависимости скорости автомобиля от пройденного им по шоссе пути. Кто первым (легковой автомобиль или автобус) преодолеет расстояние 5 км по шоссе? Кто пройдёт больший путь за первые 5 минут при движении по шоссе?

Рис. 1

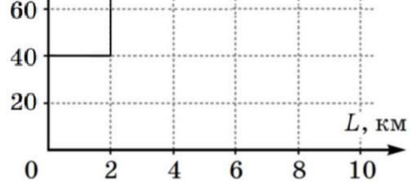


Рис. 2

Возможное решение

Расстояние, которое преодолеет автобус за первые 4 мин движения по шоссе, равно $60\frac{\text{км}}{\text{ч}} \times 4\text{ мин} = 4\text{ км}$. Чтобы преодолеть по шоссе еще 1 км, автобусу потребуется время $\frac{1\ \text{км}}{40\frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 1{,}5\ \text{мин}$. Значит, автобус преодолеет 5 км по шоссе за 4 мин + 1,5 мин = 5,5 мин. А за первые 5 мин движения по шоссе автобус проедет $4\ \text{км} + 40\frac{\text{км}}{\text{ч}} \times 1\ \text{мин} = \frac{14}{3}\ \text{км}$.

Легковой автомобиль проедет первые 2 км по шоссе за время $\frac{2\ \text{км}}{40\frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 3\ \text{мин}$. За следующие 2 мин автомобиль преодолеет $80\frac{\text{км}}{\text{ч}} \times 2\ \text{мин} = \frac{8}{3}\ \text{км}$. Значит, за первые 5 мин движения по шоссе автомобиль проедет $\frac{14}{3}\ \text{км}$. Чтобы преодолеть по шоссе еще 3 км со скоростью $80\frac{\text{км}}{\text{ч}}$, автомобилю потребуется время $\frac{3\ \text{км}}{80\frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 2{,}25\ \text{мин}$ Следовательно, автомобиль преодолеет 5 км по шоссе за 3 мин + 2,25 мин = 5,25 мин.

В итоге получаем, что легковой автомобиль преодолеет первые 5 км по шоссе быстрее, чем автобус, а за первые 5 мин движения они проедут одинаковое расстояние.

Ответ. Первым преодолеет расстояние 5 км по шоссе легковой автомобиль. За первые 5 мин движения по шоссе автомобиль и автобус проедут одинаковое расстояние.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Найдено расстояние, пройденное автобусом за первые 5 мин	2
2.	Найдено время, за которое автобус пройдёт первые 5 км	2
3.	Найдено расстояние, пройденное автомобилем за первые 5 мин	2
4.	Найдено время, за которое автомобиль пройдёт первые 5 км	2
5.	Определено, кто первым пройдёт расстояние 5 км по шоссе	1
6.	Определено, кто пройдёт больший путь за первые 5 мин по шоссе	1
Итого максимально за задачу		*10*

8 КЛАСС

(условия задач и возможные решения)

1. Электричка, движущаяся с постоянной скоростью, проследовала некоторую станцию без остановки. Найдите время t движения электрички мимо стоящего на платформе человека, если известно, что мимо движущегося вдоль платформы пешехода электричка проходит за время t_1=16с, а мимо второго пешехода, движущегося с той же скоростью, что и первый, но в противоположном направлении – за время t_2 = 24 с.

Возможное решение

Пусть L – длина электрички, υ – её скорость, а u – скорость каждого из пешеходов. Очевидно, что меньшее время t_1 соответствует прохождению электрички мимо пешехода, идущему навстречу её движения. Второй пешеход при этом следует в направлении движения электрички.

Относительно стоящего на платформе человека скорость электрички равна υ, относительно первого пешехода электричка движется со скоростью $\upsilon_1 = \upsilon + u$, а относительно второго – со скоростью $\upsilon_2 = \upsilon - u$. Тогда для времён, отмеченных в условии задачи, можно записать:

$$t = \frac{L}{\upsilon} \qquad (1)$$

$$t_1 = \frac{L}{\upsilon_1} = \frac{L}{\upsilon + u} \qquad (2)$$

$$t_2 = \frac{L}{\upsilon_2} = \frac{L}{\upsilon + u}. \qquad (3)$$

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), нетрудно получить:

$$t = \frac{2t_1t_2}{t_1 + t_2} = 19{,}2\text{ с}$$

Ответ: искомое время движения электрички $t = \frac{2t_1t_2}{t_1 + t_2} = 19{,}2\text{ с}$.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Определены направления движения пешеходов по отношению к направлению движения электрички	1
2.	Составлена система уравнений (1), (2) и (3)	5
3.	Получено выражение для времени t через времена t_1 и t_2	3
4.	Получено численное значение времени *t*	1
Итого максимально за задачу		*10*

2. Тонкий однородный стержень длиной L = 128 см, размеченный на 8 равных участков и изогнутый под прямыми углами, находится в положении равновесия, опираясь на призменную опору, как показано на рисунке. Найдите расстояние x от левого края стержня до опоры.

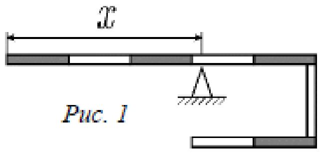


Рис. 1

Возможное решение

Пусть m – масса, а $l = L/8$ длина одного участка стержня. Силы тяжести, действующие на горизонтальные и вертикальную части стержня, и их плечи a, b и c относительно точки O опоры показаны на рисунке 2.

Запишем условие равновесия стержня (уравнение моментов относительно точки O): $mg \cdot b + 2mg \cdot c - 5mg \cdot a = 0$.

Из геометрии рисунка нетрудно понять, что:

$$a = x - \frac{5}{2}l, b = 5l - x, c = 4l - x$$

С учётом этого приходим к уравнению:

$5l - x + 2(4l - x) - 5(x - 5l/2) = 0$,

решая которое, окончательно находим:

$$x = \frac{51}{16}l = \frac{51}{128}L = 51\text{ см}$$

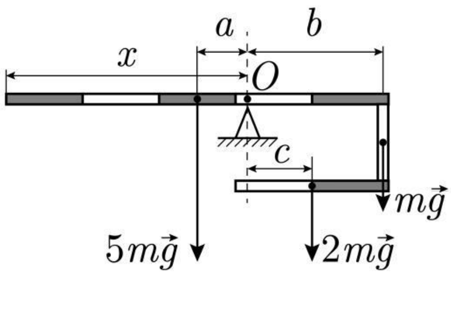


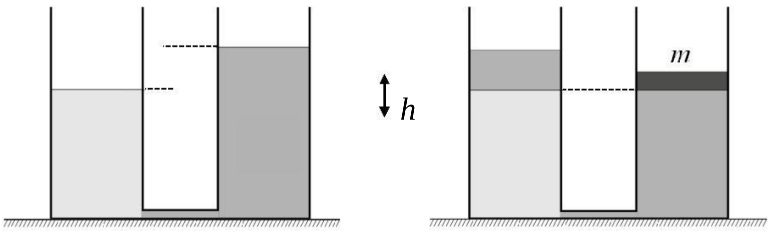
Рис. 2

Ответ: искомое расстояние $x = \frac{51}{128}L = 51$ см

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Указаны силы тяжести, действующие на части стержня	1
2.	Выражены плечи этих сил	3
3.	Записано уравнение моментов относительно точки опоры	3
4.	Найдено искомое расстояние *x*	3
Итого максимально за задачу		*10*

3. Два одинаковых цилиндрических сосуда с площадью поперечного сечения S = 50 см^2 стоят на горизонтальном столе и соединены снизу тонкой трубочкой. В первом из них находится вода, а во втором масло. Плотности воды и масла ρ_0 = 1 г/см^3 и ρ = 0,9 г/см^3 соответственно. Найдите разность уровней h этих жидкостей (рис. 1), если известно, что при помещении на поверхность масла поршня массой m = 360 г, уровень масла в этом сосуде станет равным уровню воды другом. Учтите, что перетекающее в первый сосуд масло всплывает и оказывается на поверхности воды (рис. 2). Поршень плотно прилегает к стенкам сосуда, трением поршня о стенки сосуда пренебречь.



ρ_0 ρ

Рис. 1 *Рис. 2*

Возможное решение

Пусть h_1 – высота столба воды в левом сосуде, а h_2 – масла в правом.

Запишем равенство гидростатических давлений на дно сосудов в первом случае:

$$\rho_0 g h_1 = \rho g h_2. \qquad (1)$$

После того, как в правый сосуд поместили поршень, уровень масла в правом сосуде сравнялся с уровнем воды в левом. Поскольку столб воды будет находиться ниже перетекшего столба масла (т.е. верхний уровень воды останется на прежнем уровне), уровень масла в правом сосуде должен будет опуститься на h, а в правом подняться на h (из-за равенства поперечных сечений сосудов и несжимаемости жидкостей).

Запишем новое равенство гидростатических давлений на дно сосудов:

$$\rho_0 g h_1 + \rho g h = \rho(h_2 - h) + \frac{mg}{S}. \qquad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2), получаем:

$$h = \frac{m}{2\rho S} = 4 \text{ см}.$$

Ответ: разница уровней жидкостей $h = \frac{\mathrm{m}}{2\mathrm{\rho S}} = 4$ см.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1	Приведены рассуждения об изменении уровней жидкостей	1
2.	Записано соотношение (1)	2
3.	Записано соотношение (2)	4
4.	Выражена искомая высота h	2
5.	Получен численный ответ	1
Итого максимально за задачу		*10*

4. Если в сосуд объёмом V_0 = 500 мл, до краёв заполненный холодной водой, положить горячий камень массой m = 200 г, то температура воды в сосуде повысится на t_1 = 6°C, а температура камня понизится на t_2 = 64 °C. Найдите плотность камня ρ, если плотность воды ρ_0 = 1 г/см^3, удельная теплоёмкость воды c_0 =4,2 кДж/(кг·°C), удельная теплоёмкость камня c = 0,8 кДж/(кг·°C). Считайте, что камень полностью погружен в воду. Теплоёмкостью сосуда, теплообменом с окружающей средой и испарением воды пренебречь.

Возможное решение

Пусть V – объём камня. Так как сосуд заполнен до краёв, то при погружении камня часть воды выльется наружу. При этом объём вылившейся воды равен объёму V камня, так как камень погружается полностью. Следовательно, в сосуде остаётся вода объёмом $V_в = V_0 - V$ и массой

$m_в$ □ □$_0$ (V_0 □V).

Таким образом, теплообмен будет происходить между оставшейся в сосуде водой и камнем. Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_0\rho_0(V_0 - V)\Delta t_1 - cm\Delta t_2 = 0.$$

Отсюда нетрудно выразить объём камня и найти его плотность:

$$\rho = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{V}} = \frac{\mathrm{c_0 \rho_0 m \Delta t_1}}{\mathrm{c_0 \rho_0 V_0 \Delta t_1 - cm\Delta t_2}} \approx 2{,}1\ \text{г/см}^3$$

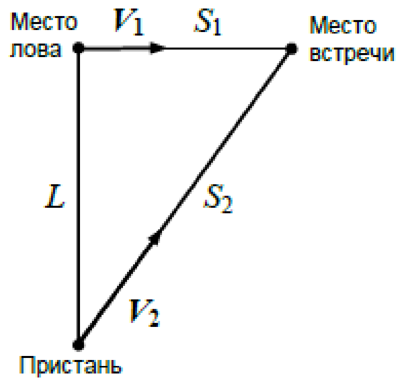
Ответ: плотность камня $\rho = \frac{\mathrm{c_0 \rho_0 m \Delta t_1}}{\mathrm{c_0 \rho_0 V_0 \Delta t_1 - cm\Delta t_2}} \approx 2{,}1\ \text{г/см}^3$

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Учтено выливание воды и выражен оставшийся её объём	2
2.	Записано уравнение теплового баланса	3
3.	Выражен объём камня	2
4.	Выражена плотность камня	2
5.	Получен численный ответ	1
Итого максимально за задачу		*10*

9 КЛАСС
(условия задач и возможные решения)

1. На озере в безветренную погоду рыбак ловил рыбу с лодки на расстоянии L = 480 м от пристани. Заметив инспектора Рыбнадзора на этой пристани, рыбак снимается с якоря и, налегая на весла, сообщает лодке скорость V_1 = 3 м/с в направлении, перпендикулярном отрезку, соединяющему место лова с пристанью. В этот момент, заподозрив рыбака в браконьерстве, инспектор моментально садится в катер и «на всех парах» преследует рыбака. За какое минимальное время катер инспектора может догнать лодку рыбака, если катер развивает максимальную скорость V_2=18км/ч?



Возможное решение

Пусть катер догоняет лодку в некоторой точке, соответствующей минимальному времени t погони. Очевидно, что от пристани до точки встречи с лодкой катер должен двигаться по прямой с максимально возможной скоростью V_2. В противном случае для попадания в рассматриваемую точку он затратит большее время.

При этом пути, пройденные лодкой и катером по озеру, равны $S_1 = V_1 t$ и $S_2 = V_2 t$ соответственно. Таким образом, из геометрии рисунка на основании теоремы Пифагора имеем соотношение

$S_2^2 = L^2 + S_1^2$ или $(V_2 t)^2 = L^2 + (V_1 t)^2$.

Откуда окончательно находим искомое время $t = \dfrac{L}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} = 120\ \text{с} = 2\ \text{мин}$

Ответ: минимальное время погони $t = \dfrac{L}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} = 120\ \text{с} = 2\ \text{мин}$

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Обоснована прямолинейность движения катера	3
2.	Выражены пути лодки и катера через скорости и время	2
3.	Сделан рисунок и применена теорема Пифагора	3
4.	Получено выражение для искомого времени и получен численный ответ	2
	Итого максимально за задачу	*10*

2. Совершив поворот и выехав на прямолинейный участок дороги со скоростью V_0 = 72 км/ч, водитель автомобиля замечает корову, беспечно стоящую на дороге расстоянии L = 50 м от него, и сразу нажимает на тормоз. Найдите время торможения, а также среднюю скорость автомобиля на первой половине тормозного пути, если машина остановилась прямо перед удивлённой коровой. Считайте ускорение автомобиля при торможении постоянным.

Возможное решение

Зависимости скорости V автомобиля и пройденного им пути S от времени t при торможении имеют вид:

$$V = V_0 + at; \qquad (1)$$

$$V = V_0 t + \frac{at^2}{2}, \qquad (2)$$

где a – проекция ускорения автомобиля на направление его движения ($a < 0$).

1. Найдём время торможения. В конечный момент торможения: $V = 0$, $S = L$.

С учётом этого из уравнений (1) и (2) нетрудно получить время торможения $t = \frac{2L}{V_0} = 5$ с

2. Найдём среднюю скорость на первой половине тормозного пути.

При равноускоренном движении средняя скорость на некотором отрезке пути равна среднему арифметическому значению скоростей в начале и конце этого отрезка. В самом деле, с учётом уравнений (1) и (2):

$$V_{ср} = \frac{S}{t} = V_0 + \frac{at}{2} = \frac{2V_0 + at}{2} = \frac{V_0 + V}{2}. \qquad (3)$$

Из уравнений (1) и (2) можно также получить соотношение V^2 □V^2□ $2aS$, с помощью которого выразить ускорение торможения $a = -\frac{V_0^2}{2L}$ и найти скорость автомобиля на середине тормозного пути $V = \sqrt{V_0^2 + aL} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$.

С учётом этого из соотношения (3) находим искомую среднюю скорость:

$$V_{ср} = \frac{V_0 + V}{2} = \frac{2 + \sqrt{2}}{4} V_0 \approx 17 \text{ м/с}$$

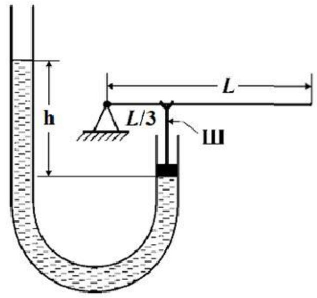
Ответ: время торможения $t = \frac{2L}{V_0} = 5$ с

искомая средняя скорость $V_{ср} = \frac{2 + \sqrt{2}}{4} V_0 \approx 17$ м/с

Возможные критерии оценивания

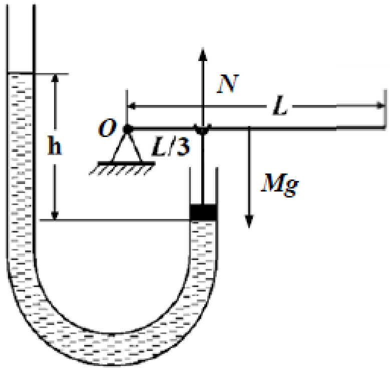
№	Действия	Количество баллов
1.	Записаны уравнения (1) и (2) и найдено время торможения	3
2.	Получено (или приведено) соотношение (3)	2
3.	Выражено ускорение торможения и найдена скорость в середине тормозного пути	3
4.	Найдена искомая средняя скорость	2
Итого максимально за задачу		*10*

3. Однородный стержень некоторой длины L и массы M = 200 г, один из концов которого шарнирно закреплен, находится в горизонтальном положении равновесия, опираясь на верхний конец штока Ш. Данный шток жёстко связан с поршнем, плотно вставленным в одно из колен вертикальной неподвижной U-образной трубки (см. рисунок).



В трубку налито масло плотностью ρ = 0,8 г/см^3.

Площадь поперечного сечения трубки S = 10 см^2, масса поршня со штоком m=100 г. Найдите разность уровней h масла в коленах трубки, если расстояние от точки опоры стержня на шток до оси шарнира равно L/3. Трением в системе пренебречь.



Возможное решение

Искомую разность уровней h нетрудно найти из условия равновесия штока с поршнем:

$$\rho g h S - mg - F = 0 \qquad (1)$$

где F – сила давления стержня на шток, численно равная силе реакции N, действующей со стороны штока на стержень (см. рисунок). Эту силу можно найти из условия равновесия стержня (уравнения моментов относительно точки O шарнира):

$$Mg\frac{L}{2} - N\frac{L}{3} = 0 \qquad (2)$$

Здесь учтено, что стержень однородный и сила тяжести Mg приложена к его центру, т.е.

на расстоянии L/2 от точки O шарнира.

Решая систему уравнений (1) и (2) с учётом равенства N = F, находим:

$$h = \frac{3M + 2m}{42\rho S} = 50 \text{ см}$$

Ответ: $h = \frac{3M + 2m}{42\rho S} = 50 \text{ см}$

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Записано условие равновесия поршня со штоком	3
2.	Записано условие равновесия стержня	3
3.	Отмечено равенство N = F	1
4.	Найдена искомая разность уровней в общем виде	2
5.	Получено численное значение h	1
Итого максимально за задачу		*10*

4. В калориметр, содержащий m = 1 кг воды с температурой t = 18°C, один за другим опускают 50 кубиков льда массой m_0 = 5 г каждый, имеющих одинаковую начальную температуру t_0 = 0°C. Считая, что после опускания каждого кубика в калориметре устанавливается тепловое равновесие, а вода из калориметра не выливается, определите, сколько кубиков полностью расплавятся. Удельная теплоёмкость воды c = 4,2 кДж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда λ = 340 кДж/кг. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

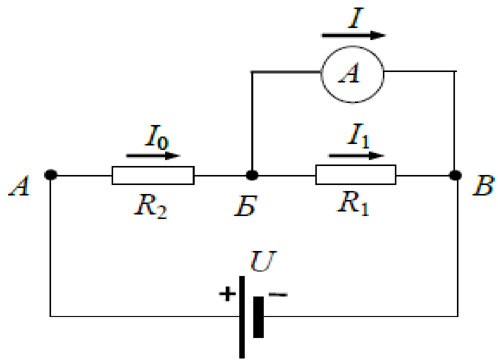


Рис. 2

Возможное решение

Найдём массу M льда, который можно расплавить данным количеством воды. Запишем уравнение теплового баланса: $cm\ (t$ □ $t_0)$ □ □M.

Откуда рассматриваемая масса льда:

$$M = \frac{cm(t - t_0)}{\lambda} \approx 222\ \text{г}$$

Искомое количество кубиков n равно целой части отношения M/m:

$$n = \left[\frac{M}{m}\right] = [44{,}4] = 44$$

Ответ: полностью расплавятся 44 кубика.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Записано равнение теплового баланса при плавлении льда	3
2.	Выражена масса M расплавившегося льда	2
3.	Получено численное значение M	2
4.	Найдено искомое количество кубиков льда	3
	Итого максимально за задачу	*10*

5. В «сером ящике» с тремя выводами А, Б и В находится электрическая цепь, состоящая из резистора с сопротивлением R_1=10 Ом и резистора с неизвестным сопротивлением R_2, схема которой представлена на рисунке 1. К выводам А и В подключают источник постоянного движения U=70 В, а к выводам Б и В – амперметр, сопротивление которого r = 5 Ом. Амперметр при таком подключении показывает ток I=2 А. Что покажет амперметр, если его подключить к выводам А и Б?

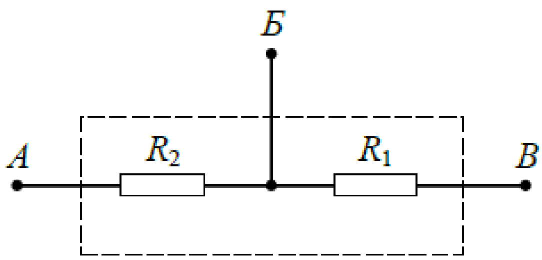


Рис.1

Возможное решение

1. Рассмотрим подключение амперметра к выводам (точкам) Б и В цепи (рис.2) и найдем сопротивление резистора R_2.

Обозначим через I_0 и I_1 токи в резисторах R_2 и R_1 соответственно.

Согласно первому правилу Кирхгофа для узла Б:

$$I_0 = I_1 + I. \qquad (1)$$

Поскольку амперметр и резистор R_1 подключены параллельно, напряжения на них одинаковы и, следовательно:

$I_1R_1 = Ir$. (2)

Учитывая, что сумма напряжений на резисторах равна напряжению U источника, приходим к уравнению:

$I_0R_2 + I_1R_1 = U$. (3)

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим неизвестное сопротивление R_2:

$$R_2 = \frac{U - Ir}{I\left(\frac{r}{R_1} + 1\right)} = 20 \text{ Ом}$$

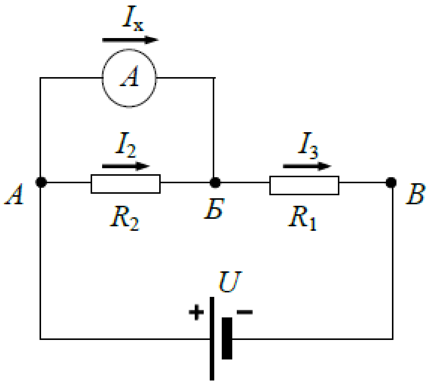


Рис. 3

2. Рассмотрим теперь подключение амперметра к выводам (точкам) А и Б цепи (рис.3) и найдем его показание I_x.

В этом случае токи в резисторах R_2 и R_1 обозначим через I_2 и I_3 соответственно.

Проводя аналогичные рассуждения, как и в пункте 1, приходим к системе уравнений:

$$\begin{cases} I_3 = I_x + I_2; \\ I_x r = I_2R_2; \\ I_2R_2 + I_3R_1 = U, \end{cases}$$

решая которую находим искомое показание амперметра:

$$I_x = \frac{U}{R_1 + r\left(\frac{R_1}{R_2} + 1\right)} = 4 \text{ А}.$$

Ответ: при подключении амперметр к выводам *А* и *Б* его показание I_x = 4А.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
При подключении амперметра к выводам Б и В:		
1.	Записано первое правило Кирхгофа для узла *Б*	1
2.	Отмечено равенство напряжений на амперметре и резисторе R_1	1
3.	Выражено напряжение источника через напряжение на резисторах	1
4.	Найдено неизвестное сопротивление R_2	2
При подключении амперметра к выводам А и Б:		
5.	Записано первое правило Кирхгофа для узла *Б*	1
6.	Отмечено равенство напряжений на амперметре и резисторе R_2	1
7.	Выражено напряжение источника через напряжение на резисторах	1
8.	Найдено искомое показание амперметра I_x	2
Итого максимально за задачу		*10*

10 КЛАСС

(условия задач и возможные решения)

1. Велосипедист и мотоциклист начинают одновременно двигаться из пункта *А* в пункт *Б* по прямой дороге. Велосипедист сначала разгоняется с некоторым постоянным ускорением, затем движется равномерно в течение времени t_0, а в конце замедляется с тем же по модулю ускорением, что и на участке разгона. У мотоциклиста отсутствует участок равномерного движения, а его разгон и торможение происходят с такими же, как у велосипедиста, ускорениями и длятся вдвое дольше. Оба участника движения останавливаются именно в момент прибытия в пункт *Б*. Какое время затратит каждый из участников движения на прохождение маршрута?

Возможное решение

Решим задачу с использованием графиков зависимости скорости от времени для каждого из участников движения, представленных на рисунках.

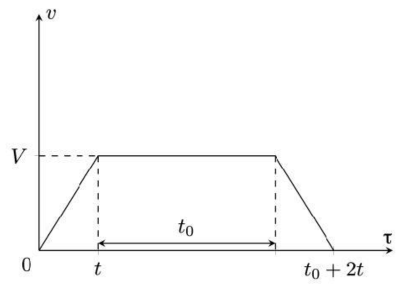


График скорости велосипедиста

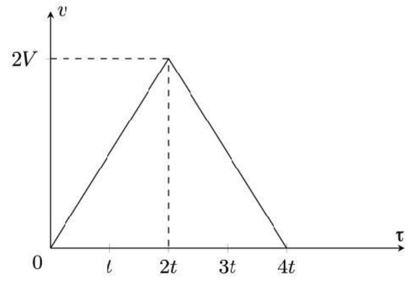


График скорости мотоциклиста

Пути S_1 и S_2, пройденные велосипедистом и мотоциклистом соответственно, выразим через площади под графиками зависимости скорости от времени:

$$S_1 = \frac{1}{2}Vt + Vt_0 + \frac{1}{2}Vt = V(t + t_0);$$

$$S_1 = \frac{1}{2}2V \times 4t = 4Vt.$$

где V – скорость велосипедиста в конце разгона и на участке равномерного движения, t – время разгона велосипедиста, равное его времени торможения. Здесь также учтено, что для мотоциклиста время разгона и торможения равно $2t$ каждое, а скорость в конце разгона – $2V$.

Учитывая, что остановка каждого участника движения происходит в пункте *Б*, можно приравнять пути, пройденные велосипедистом и мотоциклистом, и прийти к уравнению: $4Vt = V(t + t_0)$, откуда время разгона велосипедиста $t = \frac{1}{3}t_0$.

С учётом этого находим времена t_1 и t_2 движения велосипедиста и мотоциклиста соответственно:

$$t_1 = t + t_0 + t = \frac{5}{3}t_0;$$

$$t_2 = 2t + 2t = \frac{4}{3}t_0.$$

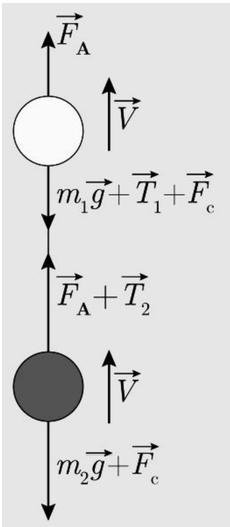
Ответ: время движения велосипедиста $t_1 = \frac{5}{3} t_0$; время движения мотоциклиста $t_2 = \frac{4}{3} t_0$.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Построен график скорости велосипедиста	2
2.	Построен график скорости мотоциклиста	2
3.	Получено выражение для пути S_1 велосипедиста	1
4.	Получено выражение для пути S_2 мотоциклиста	1
5.	Отмечено равенство $S_1 = S_2$ и найдено время разгона t	2
6.	Найдены времена t_1 и t_2	2
	Итого максимально за задачу	*10*

2. С какими скоростями V_1 и V_2 будут всплывать в вязкой жидкости два шара (легкий и тяжёлый) одинакового радиуса, связанные длинной тонкой невесомой нерастяжимой нитью при установившемся движении? Известно, что один легкий шар всплывает в этой жидкости со скоростью V_0, а тяжелый имеет нулевую плавучесть (находится в безразличном равновесии в этой жидкости, погружаясь в неё полностью). Считайте, что сила сопротивления жидкости при движении шара пропорциональна его скорости.

Возможное решение



При установившемся движении в жидкости шары расположатся на одной вертикали, при этом легкий шар окажется выше тяжелого, а нить будет натянута. Вследствие нерастяжимости нити скорости шаров сравняются, то есть $V_1 = V_2 = V$. Силы, действующие на шары при этом, показаны на рисунке.

Поскольку шары имеют одинаковые радиусы и движутся с одинаковыми скоростями, на них будут действовать равные силы Архимеда F_A и равные силы сопротивления $F_c = kV$. В силу невесомости нити силы натяжения T_1 и T_2, действующие на шары, равны по модулю ($T_1 = T_2 = T$).

С учётом этого и на основании II закона Ньютона для равномерно движущихся в связке шаров приходим к уравнениям:

$$F_A - m_1 g - T - kV = 0; \qquad (1)$$

$$F_A + T - m_2 g - kV = 0, \qquad (2)$$

где m_1 и m_2 массы легкого и тяжёлого шаров соответственно. Здесь также учтено, что при установившемся движении шары всплывают равномерно, и их ускорения равны нулю.

Для шаров, помещенных в эту жидкость по отдельности, на основании II закона Ньютона и с учётом условия задачи приходим к уравнениям:

$$F_A - m_1 g - kV_0 = 0; \qquad (3)$$

$$F_A - m_2 g = 0. \qquad (4)$$

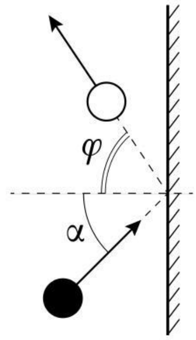
Решая систему уравнений (1), (2), (3) и (4), получаем: $V = \frac{1}{2}V_0$.

Ответ: шары будут всплывать с одинаковыми скоростями $V_1 = V_2 = \frac{1}{2}V_0$.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Сделан рисунок и указаны силы, действующие на шары	1
2.	Записано уравнение (1)	2
3.	Записано уравнение (2)	2
4.	Записано уравнение (3)	1
5.	Записано уравнение (4)	1
6.	Получены искомые скорости	3
	Итого максимально за задачу	*10*

3. При ударе об идеально гладкую неподвижную стену шарик теряет треть своей кинетической энергии. Под каким углом φ отскакивает шарик, если угол его падения $\alpha = 45°$(см. рисунок)?



Возможное решение

Пусть скорость шарика непосредственно перед соударением равна V_0, а после – V. Тогда по условию задачи для конечной кинетической энергии шарика имеем:

$\frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{1}{3}\frac{mV_0^2}{2} = \frac{2}{3}\frac{mV_0^2}{2}$, откуда отношение скоростей: $\frac{V_0}{V} = \sqrt{\frac{3}{2}}$.

Поскольку при ударе сила трения отсутствует (стена гладкая), составляющая скорости шарика, параллельная стене, не изменяется. Следовательно:

$V_0 \sin\alpha = V \sin\varphi$.

С учётом вышеизложенного приходим к соотношению для искомого угла φ:

$$sin\varphi = \frac{V_0}{V}sin\alpha = \sqrt{\frac{3}{2}}sin\alpha$$

Откуда:

$$\varphi = arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{2}}sin\alpha\right) = arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{2}}\right) = 60°$$

Ответ: шарик отскакивает под углом $\varphi = arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{2}}sin\alpha\right) = 60°$

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Записано соотношение между кинетическими энергиями до и после удара шарика и найдено отношение скоростей	3
2.	Записано равенство для составляющих скоростей шарика, параллельных стене	3
3.	Получено выражение для $\sin \varphi$	3
4.	Получено численное значение φ	1
	Итого максимально за задачу	*10*

4. Кусок льда при температуре t = 0°С поместили в изначально пустой теплоизолированный цилиндрический сосуд и прочно прикрепили ко дну тонкой сеткой. Затем в сосуд быстро налили воду, масса m которой равна массе льда. При этом лёд оказался полностью погружен в воду, уровень которой достиг отметки h_0 = 19см. При какой минимальной начальной температуре t_0 должна находиться вода, чтобы лёд растаял полностью? Каким при этом станет уровень h воды в сосуде? Удельная теплоёмкость воды с=4,2 кДж/(кг°С), удельная теплота плавления льда λ = 340 кДж/кг. Плотности воды и льда ρ_0 = 1 г/см^3 и ρ = 0,9 г/см^3 соответственно.

Возможное решение

1. Минимальной начальной температуре воды соответствует ситуация, когда после установления теплового равновесия в сосуде установится температура t = 0°С, а лёд полностью расплавится.

С учётом этого из уравнения теплового баланса $\lambda m + cm(t - t_0) = 0$ находим искомую температуру:

$$t_0 = t + \frac{\lambda}{c} \approx 81°\text{C}$$

2. Для нахождения искомого уровня h составим систему уравнений, выражая объём содержимого сосуда до и после таяния льда:

$$\begin{cases} h_0 S = \dfrac{m}{\rho} + \dfrac{m}{\rho_0}; \\ hS = \dfrac{2m}{\rho_0}, \end{cases}$$ где через S обозначена площадь дна сосуда.

Решая данную систему уравнений, окончательно имеем:

$$h = \frac{2\rho}{\rho + \rho_0} h_0 = 18 \text{ см}.$$

Ответ. 1. Минимальная начальная температура воды $t_0 = t + \frac{\lambda}{c} \approx 81$ °C.

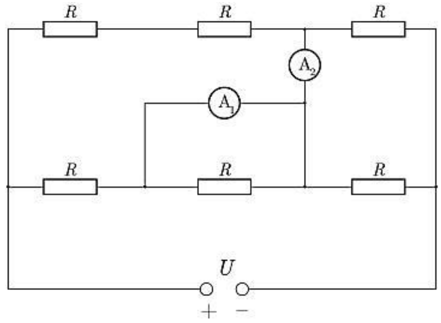
2. Искомый уровень воды в сосуде $h = \dfrac{2\rho}{\rho + \rho_0} h_0 = 18$ см.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Приведены верные рассуждения о минимальной температуре	1
2.	Записано уравнение теплового баланса	2

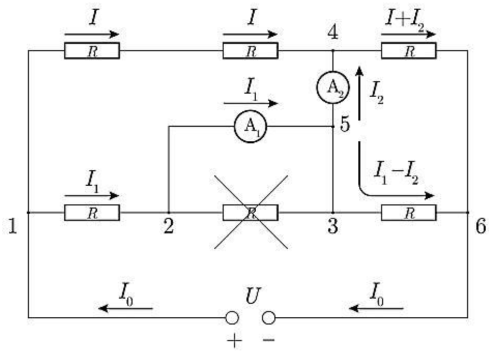
3.	Найдена искомая температура воды	1
4.	Выражен объём содержимого сосуда до таяния льда	2
5.	Выражен объём содержимого сосуда после таяния льда	2
6.	Найден искомый уровень	2
	Итого максимально за задачу	10

5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, амперметры идеальные, а все резисторы имеют одинаковые сопротивления $R = 1$ кОм. Напряжение источника $U = 140$ В. Найдите показания амперметров. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



Возможное решение

Обозначим через I_1 и I_2 токи через амперметры A_1 и A_2 соответственно, а через I ток на участке 1 – 4 (см. рисунок).



Поскольку внутреннее сопротивление амперметра A_1 и соединительного провода 3 – 5 равны нулю, напряжение на резисторе, включённом между узлами 2 – 3, отсутствует. Ток через этот резистор не течёт, и его можно мысленно удалить.

С учётом этого и на основании первого правила Кирхгофа расставим остальные токи на элементах цепи (см. рисунок).

Принимая во внимание равенства напряжений

$U_{1\text{-}4} = U_{1\text{-}2\text{-}5\text{-}4}$, $U_{4\text{-}6} = U_{4\text{-}5\text{-}3\text{-}6}$ и $U = U_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}6}$, приходим к системе уравнений.

$$\begin{cases} 2IR = I_1R; \\ (I + I_2)R = (I_1 - I_2)R; \\ U = I_1R + (I_1 - I_2)R \end{cases}$$

Решая полученную систему, находим искомые токи (показания амперметров):

$$I_1 = \frac{4U}{7R} = 80 \text{ мА}; \quad I_2 = \frac{U}{7R} = 20 \text{ мА}.$$

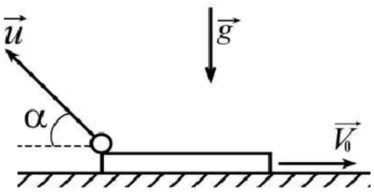
Ответ: показания амперметров: $I_1 = \frac{4U}{7R} = 80$ мА; $I_2 = \frac{U}{7R} = 20$ мА.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Обосновано отсутствие тока на участке 2 – 3	1
2.	Применено первое правило Кирхгофа и расставлены токи	2
3.	Записаны соотношения для напряжений и получена система уравнений	4
4.	Найдены искомые токи	3
	Итого максимально за задачу	*10*

11 КЛАСС

(условия задач и возможные решения)



1. Массивная платформа всё время движется с постоянной скоростью V_0 = 5 м/с по горизонтальному полу. С заднего края платформы производится удар по мячу, вследствие чего мяч начинает двигаться относительно платформы со скоростью $u = 2V_0$. При этом вектор относительной скорости и составляет угол α = 45 с горизонтом (см. рисунок).

На каком расстоянии от заднего края платформы будет находиться мяч в момент приземления? Высотой платформы и сопротивлением воздуха пренебречь. Все скорости лежат в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения g = 10 м/с^2.

Возможное решение

Отметим, что расстояние L от заднего края платформы до точки падения мяча одинаково в разных системах отсчёта. Найдем это расстояние в инерциальной системе отсчёта, связанной с платформой, где движение мяча представляет собой классическое движение тела, брошенного под углом к горизонту, а искомое расстояние есть не что иное, как дальность полёта.

Поскольку в горизонтальном направлении мяч движется равномерно со скоростью $u_x = u\cos\alpha$ (сила сопротивления отсутствует), для дальности полёта можно записать:

$$L = u\cos\alpha \cdot t,$$

где t – время полёта мяча. Это время нетрудно найти из равенства нулю перемещения h мяча по вертикали:

$$\mathrm{h} = u\, sin\alpha \times t - \frac{gt^2}{2} = 0.$$

С учётом этого для времени и дальности полёта имеем:

$$\mathrm{t} = \frac{2u \times sin\alpha}{g};$$

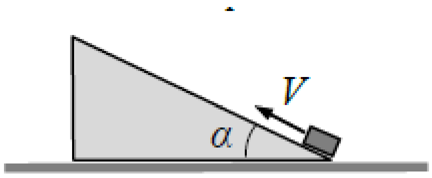
$$\mathrm{L} = \mathrm{u} sin\alpha \times \mathrm{t} = \frac{u^2 sin2\alpha}{g} = \frac{4V_0^2 sin2\alpha}{g} 10 \text{ м}.$$

Ответ: в момент приземления шарик будет находиться на расстоянии $\mathrm{L} = \frac{4V_0^2 sin2\alpha}{g} 10$ м от заднего края платформы.

Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Отмечено, что система отсчета, связанная с платформой, инерциальная, и в ней рассмотрено движение мяча	3
2.	Найдено время полёта мяча	3
3.	Найдено искомое расстояние	4
Итого максимально за задачу		*10*

2. Клин массой M с углом наклона α покоится на горизонтальной поверхности льда (см. рисунок). Какую минимальную скорость V необходимо сообщить телу массы m вдоль клинка, чтобы оно поднялось на высоту h (h меньше высоты клина)? Трением в системе пренебречь. Ускорение ссвободного падения g.



Возможное решение

Минимальной начальной скорости V соответствует ситуация, при которой на заданной высоте h скорость тела относительно клина обращается в ноль, и, следовательно, относительно поверхности льда тело и клин двигаются с одинаковыми скоростями u.

В горизонтальном направлении на систему «тело – клин» внешние силы не действуют (трение в системе отсутствует), и, следовательно, горизонтальная составляющая импульса этой системы сохраняется:

$$mV\cos\alpha = (m + M)u. \qquad (1)$$

При отсутствии трения сохраняется механическая энергия системы:

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{(m+M)u^2}{2} + mgh. \qquad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2), находим искомую скорость:

$$V = \sqrt{\frac{2gh(m+M)}{M + m\sin^2\alpha}}.$$

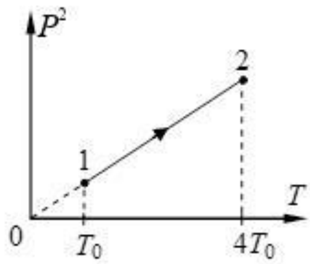
Ответ: минимальная скорость тела, необходимая для его подъёма на высоту h, равна:

$$V = \sqrt{\frac{2gh(m+M)}{M + m\sin^2\alpha}}.$$

Возможные критерии оценивания

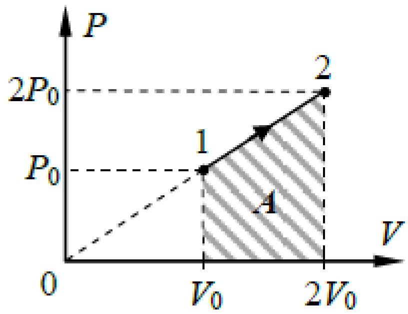
№	Действия	Количество баллов
1.	Указано условие минимальности скорости V и отмечено равенство скоростей тела и клина при этом	1
2.	Записан закон сохранения импульса для системы	3
3.	Записан закон сохранения энергии для системы	3
Итого максимально за задачу		*10*

3. Два моля гелия нагреваются в процессе 1–2, при котором квадрат давления линейно зависит от температуры, как показано на диаграмме (P – давление, T – абсолютная температура). Изобразите этот процесс на PV-диаграмме (V – объём) и найдите работу, совершённую гелием, если его начальная температура T_0 = 200 К. Универсальная газовая постоянная R = 8,31 Дж/(моль·К).



Возможное решение

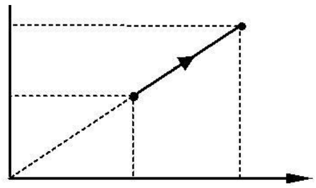
Из графика видно, что квадрат давления линейно зависит от температуры, т.е. P^2 □ βT, где □ – некоторая постоянная величина.



С учётом этого из уравнения Менделеева – Клапейрона (PV □□RT) можно получить зависимость давления P от объёма V в данном процессе:

$$P = \frac{\beta}{\upsilon R} V = \alpha V,$$

где υ = 2 моль, а $\alpha = \dfrac{\beta}{\upsilon R} = const.$



На рисунке показан данный процесс на PV-диаграмме, где через P_0 и V_0 обозначены давление и объём гелия в начальном состоянии 1.

На диаграмме также отмечено, что в конечном состоянии 2 давление гелия в два раза больше, чем его давление в состоянии 1. Это нетрудно понять, так как температура в процессе увеличивается в 4 раза, а давление с температурой связано соотношением $P = \sqrt{\beta T}$. В рассматриваемом процессе объём также возрастает в два раза, так как он прямо пропорционально зависит от давления (V □ P / α).

Искомую работу находим через площадь под графиком зависимости давления от объёма:

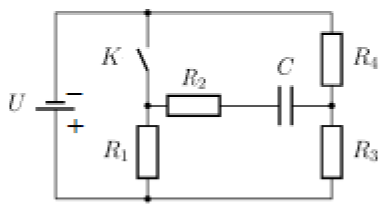
$$A = \frac{1}{2}(P_0 - 2P_0)(2V_0 - V_0) = \frac{3}{2}P_0V_0 = \frac{3}{2}\upsilon R T_0 \approx 5 \text{ кДж.}$$

Ответ: работа, совершённая гелием $A = \frac{3}{2}\upsilon R T_0 \approx 5$ кДж. .

Возможные критерии оценивания

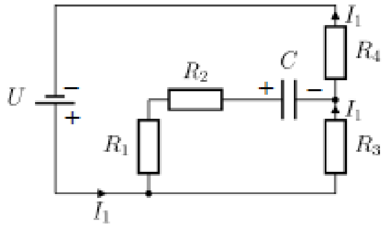
№	Действия	Количество баллов
1.	Получена зависимость давления от объёма $P = \alpha V$	3
2.	Процесс изображён на PV-диаграмме с указанием характерных точек	3
3.	Получено выражение для работы, совершённой гелием	3
4.	Найдено численное значение искомой работы	1
Итого максимально за задачу		*10*

4. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, напряжение источника U, ёмкость конденсатора C, сопротивления всех резисторов одинаковы: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$. Найдите заряд q, протекающий через резистор R_2 после замыкания ключа K. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Возможное решение

Величину протекающего через резистор R_2 заряда q найдем на основании закона сохранения заряда по изменению заряда Q левой обкладки конденсатора:

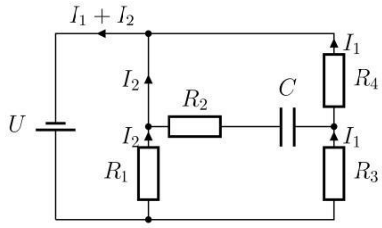


$q = |(-Q_2) - (+Q_1)|$,

где Q_1 и Q_2 заряды конденсатора до и после замыкания ключа соответственно. Здесь мы учли, что знак заряда левой обкладки конденсатора меняется с «+» на «–» после замыкания ключа.

При разомкнутом положении ключа K ток через резисторы R_1 и R_2 отсутствует (цепь рассматривается в стационарном состоянии), и, следовательно, напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе R_3, т.е. I_1R_3 (I_1 – сила тока через резисторы R_3 и R_4). С учётом этого и на основании закона Ома приходим к соотношению для заряда Q_1:

$$Q_1 = CU_1 = CI_1R_3 = C\frac{U}{R_3 + R_4}R_3 = \frac{1}{2}CU.$$



После замыкания ключа и установления стационарного режима ток через резистор сопротивлением R_2 также будет отсутствовать, а напряжение на конденсаторе станет равным напряжению на резисторе R_4, т.е. I_1R_4 (ток через резисторы R_3 и R_4 в конечном состоянии останется по-прежнему равен I_1). С учётом этого находим заряд Q_2.

Ответ: после замыкания ключа через резистор R_2 протекает заряд q□CU.

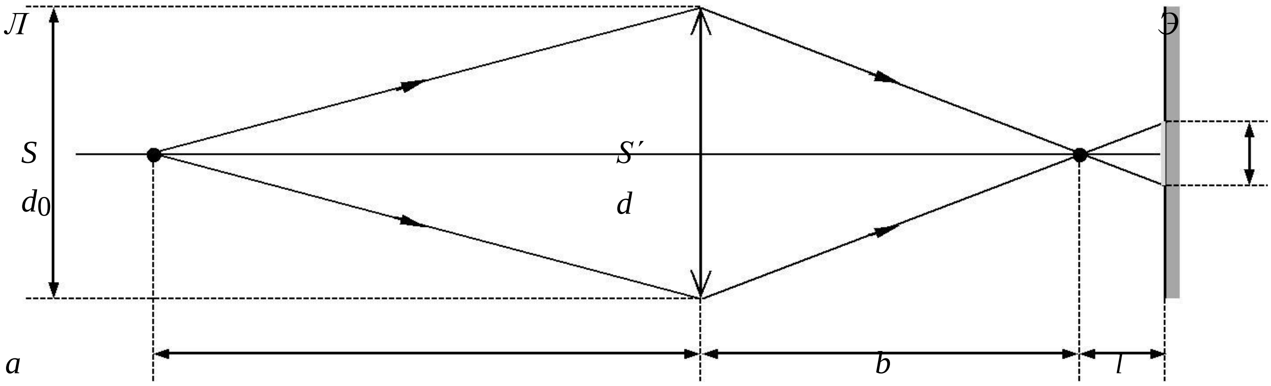
Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Найден заряд конденсатора при разомкнутом ключе	3
2.	Найден заряд конденсатора при замкнутом ключе	3
3.	Учтено изменение знаков зарядов на обкладках конденсатора и найден заряд q	4
Итого максимально за задачу		*10*

5. При помощи тонкой линзы с диаметром d_0 = 8 см и фокусным расстоянием F = 6 см на экране получено изображение точечного источника, расположенного на главной оптической оси на расстоянии a = 15 см от линзы. Каким окажется диаметр d светлого пятна на экране, если экран отодвинуть на l=1 см от линзы? Плоскость экрана перпендикулярна главной оптической оси линзы.

Возможное решение

На рисунке схематично показан ход лучей, проходящих через крайние точки линзы *Л*. Приведённые лучи пересекают главную оптическую ось в точке *S*', где находится изображение источника *S*, и попадают на экран *Э*.



Диаметр *d* светлого пятна на экране нетрудно найти из геометрии рисунка через подобие заштрихованных треугольников: $d = D_0 \frac{1}{b}$, где *b* – расстояние от линзы *Л* до изображения *S*' источника *S*, т.е. расстояние от линзы до первоначального положения экрана.

Расстояние *b* нетрудно найти из формулы тонкой линзы:

$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, откуда $b = \frac{aF}{a-F}$.

С учётом этого для искомого диаметра *d* окончательно имеем:

$$d = d_0 \frac{l}{b} = d_0 \frac{l(a-F)}{aF} = 8 \text{ мм.}$$

Ответ: диаметр светлого пятна на экране $d = d_0 \frac{l(a-F)}{aF} = 8$ мм.

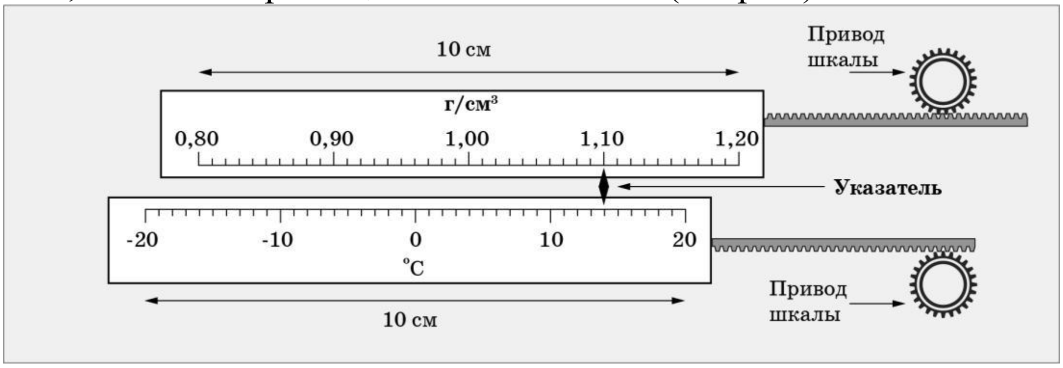
Возможные критерии оценивания

№	Действия	Количество баллов
1.	Приведён рисунок, на котором показан ход луча через крайнюю точку линзы и указан радиус светлого пятна	4
2.	Найдено первоначальное положение экрана (положение изображения *S*')	2
3.	Отмечены подобные треугольники и получено выражение для диаметра светлого пятна	3
4.	Получено численное значение искомого диаметра	1
Итого максимально за задачу		*10*

LIII Всероссийская олимпиада школьников по физике. Региональный этап. Теоретический тур

7 КЛАСС

Задача 1. Термоареометр. Однажды экспериментатору Глюку понадобилось одновременно измерять температуру и плотность исследуемой жидкости. Он разработал универсальный прибор, в котором указатель неподвижен, а шкалы перемещаются независимо (см. рис.).



Глюк снял показания, которые занёс в таблицу.

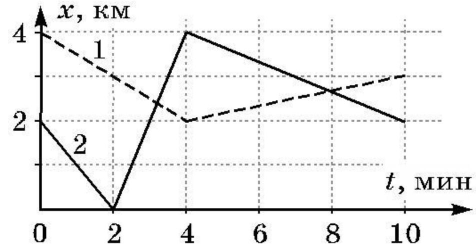
Температура, t, ^{0}C	20	18	16	12	8	7	6	4
Плотность, ρ, г/см^3	1,01	1,02	1,03	1,05	1,08	1,11	1,14	1,20

Известно, что температура жидкости изменялась на одинаковую величину за равные промежутки времени. Длины шкал L = 10 см, а весь эксперимент длился $t0$ = 5 минут.

Постройте график полученной зависимости $\rho(T)$ и определите, с какой максимальной скоростью перемещались шкалы друг относительно друга в ходе эксперимента.

Задача 2. Каникулы в Простоквашино (1). От станции Простоквашино до дома, в котором живёт кот Матроскин, расстояние s =1,2 км. Дядя Фёдор с Шариком приехал на станцию Простоквашино и пошёл домой со скоростью $\upsilon_Ф$ = 4 км/ч, а Шарик побежал со скоростью $\upsilon_ш$ = 12 км/ч. Добежав до дома, Шарик повернул обратно, навстречу дяде Фёдору, и так бегал вперед и назад между дядей Фёдором и домом вплоть до момента прибытия мальчика домой. Какой путь больше: $S1$, который Шарик пробежал, перемещаясь в сторону дома, или $S2$, который он пробежал, перемещаясь в обратном направлении. На сколько один путь длиннее другого? Определите $S1$ и $S2$.

Задача 3. Усреднение. На рисунке приведены графики зависимости от времени координат двух машин, ехавших по одной прямой дороге. Определите среднюю путевую скорость $\upsilon10$ второй машины за 10 минут движения с точки зрения



наблюдателя находящегося в первой. В какие моменты времени движения, кроме конечного, средняя скорость второй машины относительно первой также была равна $\upsilon 10$?

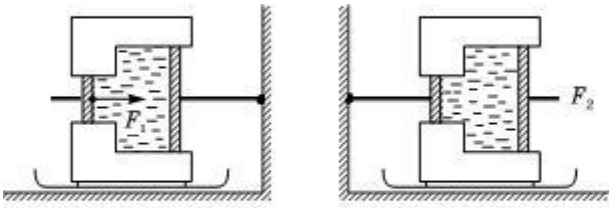
Какого максимального значения достигала средняя путевая скорость второй машины в процессе движения.

Задача 4. Кубический коктейль. Если в стакан, доверху заполненный жидкостью с плотностью ρ = 1,2 г/см^3, погрузить кубик, то средняя плотность содержимого станет равна ρ_1 = 1,4 г/см^3, если вместо этого кубика поместить другой кубик такого же объема, то средняя плотность содержимого станет равна ρ_2 = 1,6 г/см^3. Какой окажется средняя плотность ρ_3 содержимого, если в стакан поместить сразу оба кубика? Внутренний объем стакана в 5 раз больше объема кубика

8 КЛАСС

Задача 1. Каникулы в Простоквашино (2). От станции Простоквашино до дома, в котором живёт кот Матроскин, расстояние s = 1,2 км. Дядя Фёдор с Шариком приехал на станцию Простоквашино и пошёл домой вниз по склону со скоростью □$_{Ф}$ = 4 км/ч, а Шарик побежал со скоростью □$_{Ш,1}$=12 км/ч. Добежав до дома, Шарик повернул обратно и побежал дяде Фёдору со скоростью □$_{Ш,2}$ = 8 км/ч. Так пёс бегал вперед и назад между дядей Фёдором и домом вплоть до момента прибытия мальчика домой. Какой путь больше: $S1$, который Шарик пробежал, перемещаясь в сторону дома, или $S2$, который он пробежал, перемещаясь в обратном направлении. На сколько один путь длиннее другого? Определите $S1$ и $S2$.

Задача 2. Качаем пресс. На полозьях, которые могут скользить по **гладкому** полу,
установлен гидравлический пресс, заполненный несжимаемым маслом. Шток поршня большего диаметра



а) б)

прикреплён к стене (рис. а). При движении поршня между ним и стенкой пресса возникает сила трения F (одинаковая для обоих поршней). Чтобы сдвинуть пресс с места, к меньшему поршню необходимо приложить силу не меньшую, чем $F1$ = 500 Н.

Определите величину силы трения F, если площади поршней отличаются в 4 раза.

Какую минимальную горизонтальную силу $F2$ необходимо приложить к поршню большего диаметра, чтобы отодвинуть пресс от стены, если установить его так, чтобы шток меньшего поршня был прикреплен к стене (рис. б)? В какую сторону в этом случае должна быть направлена сила $F2$?

Задача 3. Пластичность. Цилиндрический столбик из пластилина высотой H и площадью основания s плотно прилепили к гладкому дну сосуда, в который налили жидкость плотностью $\rho 0$ до верха столбика (рис. 1). Вода под столбик пластилина не подтекает. Не изменяя площади контакта пластилина с дном и не отделяя его от дна, столбик превратили в цилиндр высоты h, стоящий на очень короткой ножке (рис.2).

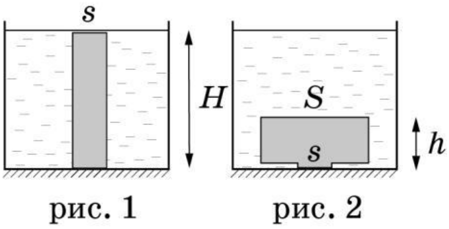
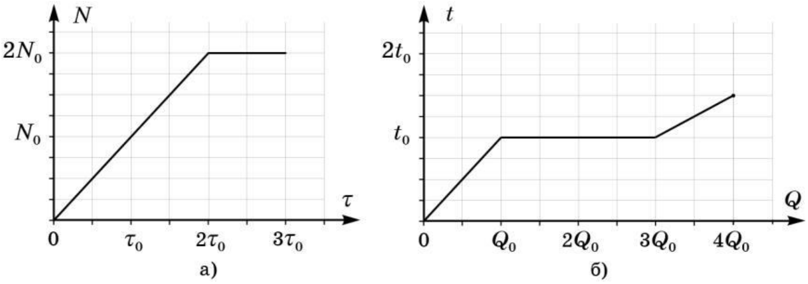


рис. 1 рис. 2

Определите, в какую сторону направлена и чему равна результирующая сила, действующая со стороны жидкости на деформированный пластилин. Атмосферное давление $p0$.

Задача 4. Нелинейное плавление. В калориметре со встроенным нагревателем расплавили некоторое вещество. На рисунке приведены графики зависимости мощности N нагревателя от времени τ его работы и температуры t вещества от переданного ему количества теплоты Q.

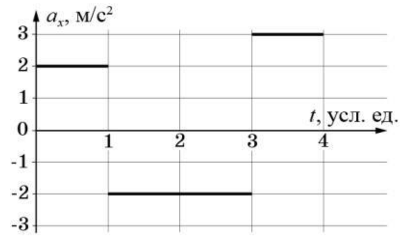


Найдите отношение теплоемкостей вещества в твердом и жидком состоянии.

Определите, сколько времени длился процесс плавления τп, считая известным время $\tau 0$. Постройте график зависимости температуры вещества от времени, указав на нем величины τ и t в характерных точках.

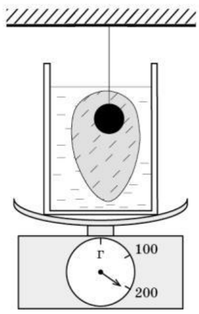
9 КЛАСС

Задача 1. До остановки. Две частицы движутся вдоль оси OX. Зависимости их ускорений a_x от времени оказались одинаковыми (см. рис.). За все время наблюдений проекция скорости υ_x каждой из частиц ровно один раз обращалась в ноль, а пройденные ими пути отличались на $\Delta S = 16$ см.



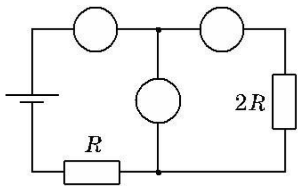
Определите пути S_1 и S_2, пройденные частицами, и время τ их движения.

Задача 2. «Наморозили». На весах установлен калориметр с водой при температуре $t_0 = 0˚$C. Весы показывают при этом $m_1 = 100$ г. В воду опускают стальной шарик, закрепленный на нити, с намерзшим на нем толстым слоем льда, который полностью погружен в воду. Показания весов увеличиваются до значения $m_2 = 201{,}3$ г. После установления теплового равновесия в калориметре (на этом этапе теплообменом с окружающей средой можно пренебречь),



показания весов ещё немного возрастают до m_3 = 204,45 г. Через большой промежуток времени, когда содержимое калориметра нагрелось до комнатной температуры, весы показали m_4 = 191,3 г. Определите массу $m_с$ стального шарика, массу $m_л$ льда на нём перед опусканием в калориметр, их температуру t перед погружением в воду. Удельная теплоемкость стали $c_с$ = 450 Дж/кг·°C, удельная теплоемкость льда $c_л$ = 2100 Дж/кг·°C, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}4\cdot10^5$ Дж/кг, плотность стали $\rho_с$ = 7800 кг/м^3, плотность льда $\rho_л$ = 900 кг/м^3, плотность воды $\rho_в$ = 1000 кг/м^3.

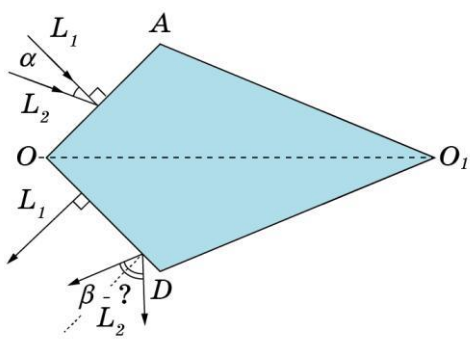
Задача 3. Пропавшие приборы. Миша собрал электрическую цепь, состоящую из идеального источника, двух резисторов, двух амперметров и одного вольтметра. Но второпях он забыл расставить на схеме обозначения приборов, зато точно запомнил, что один из амперметров показывал силу тока I = 1,0 мА, а вольтметр – напряжение U = 1,2 В.



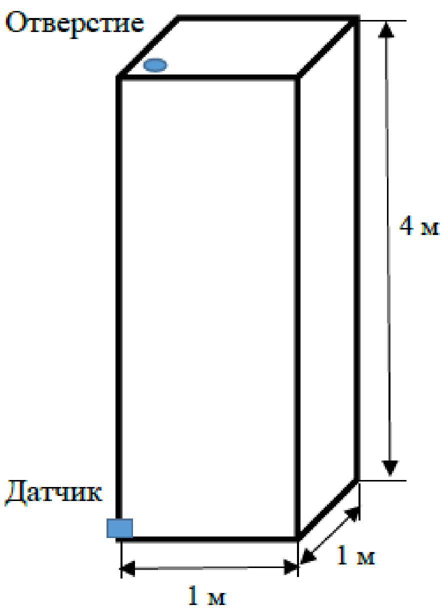
Восстановите обозначения приборов. Дайте обоснование.

Определите показания второго амперметра, сопротивления резисторов и напряжение источника U_0. Все приборы можно считать идеальными.

Задача 4. Тетрагон. Основание стеклянной призмы имеет форму четырёхугольника OAO_1D (см. рисунок). Угол AOD – прямой. Призма симметрична относительно плоскости, содержащей OO_1 и перпендикулярной основанию. Луч L_1 нормально падает на грань OA и после отражений на гранях DO_1и AO_1 выходит через грань OD также под прямым углом к ней. Луч L_2 падает на грань OA под углом α к нормали. Под каким углом β относительно нормали к грани OD он выйдет из призмы после отражений на гранях DO_1 и AO_1? Все лучи и перпендикуляры к граням призмы лежат в плоскости OAO_1D.



Задача 5. «Гидростатический черный ящик». Имеется прямоугольный сосуд размером 1x1x4 (м). В верхней крышке сосуда есть отверстие. В нижней части сосуда вплотную ко дну смонтирован миниатюрный датчик давления. Внутри сосуда может быть расположено произвольное число перегородок и закрытых ими полостей. Каждая перегородка имеет пренебрежимо малый объем и расположена горизонтально или вертикально. Все вертикальные



перегородки параллельны одной и той же стенке сосуда.

Через верхнее отверстие в сосуд медленно заливают воду, снимая при этом зависимость показаний датчика давления от объема налитой воды. Полученная зависимость представлена на графике. Проанализируйте ее и нарисуйте на выданном вам листе возможную схему расположения перегородок в сосуде, соответствующую данному графику (достаточно любой одной схемы из множества возможных). На схеме укажите масштаб и все характерные размеры. Поясните, каким образом вы получили эти размеры и определили характерные особенности расположения перегородок.

Считайте $g = 10$ м/с^2, плотность воды $\rho = 1\ 000$ кг/м^3, атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа.

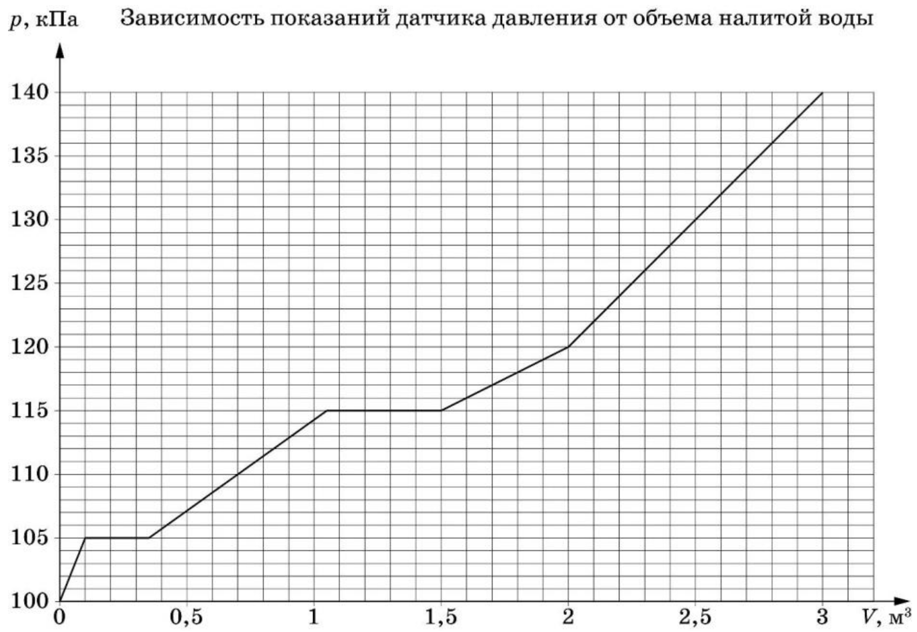
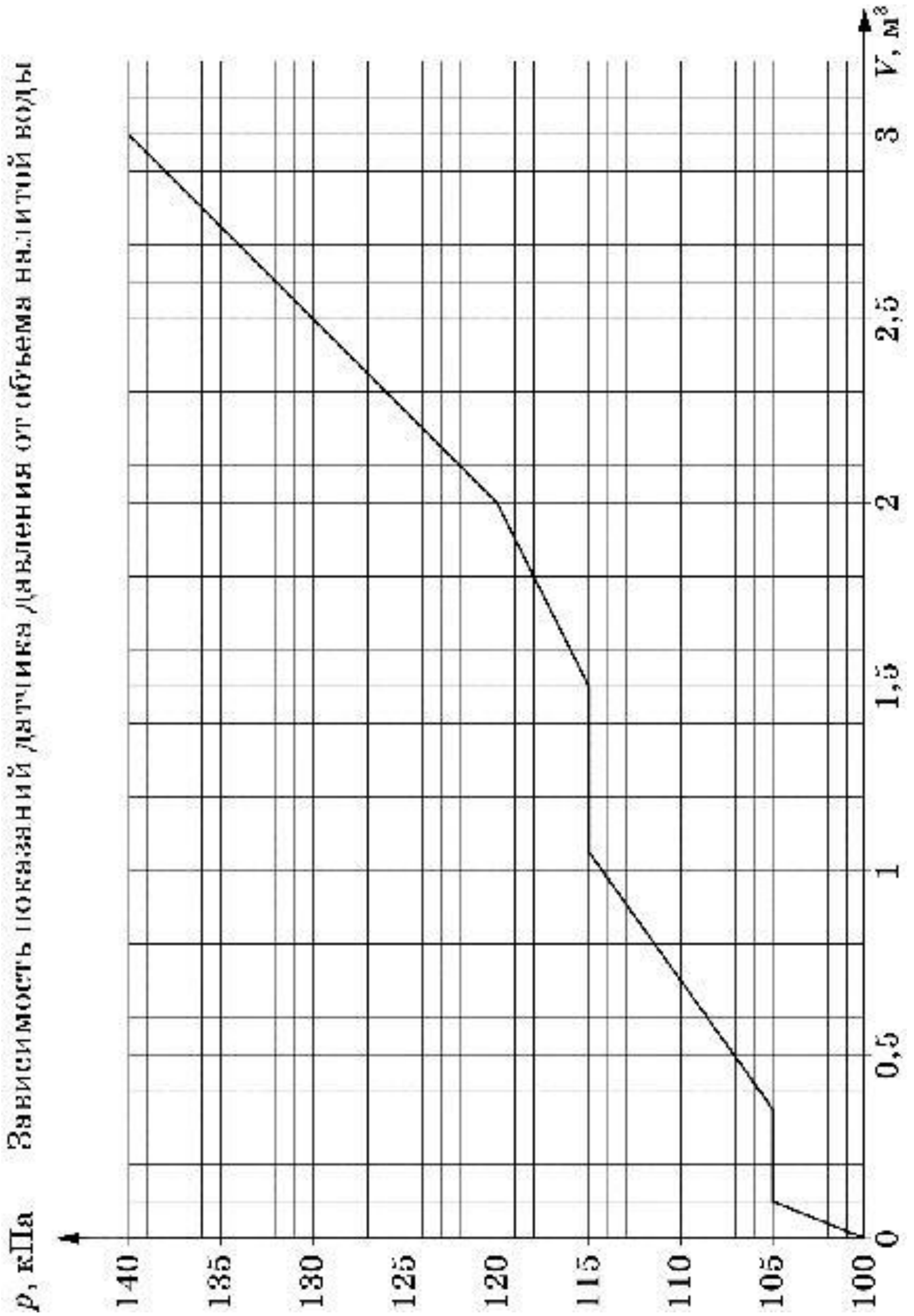
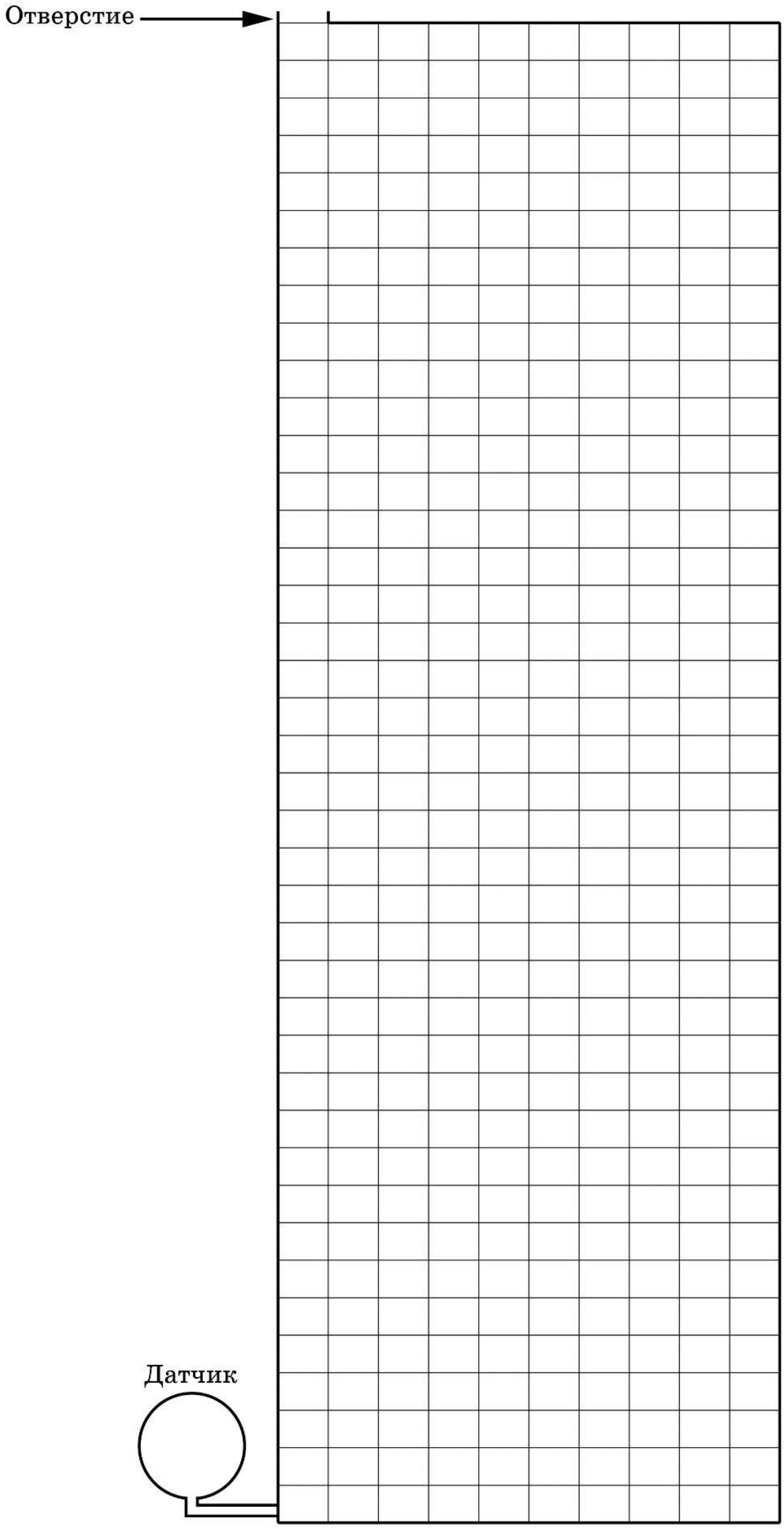


График для задачи 4 следует распечатать на отдельном листе формата А4
СДАЕТСЯ ВМЕСТЕ С РАБОТОЙ!!!

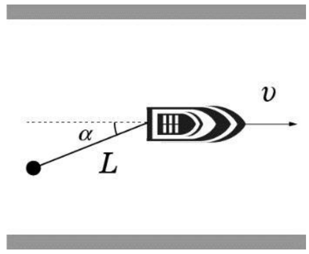


Заготовку для схемы задачи 4 следует распечатать на отдельном листе формата А4

СДАЕТСЯ ВМЕСТЕ С РАБОТОЙ!!

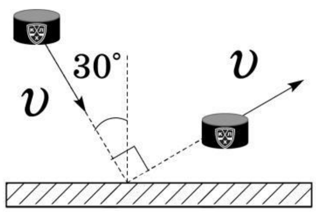


10 КЛАСС

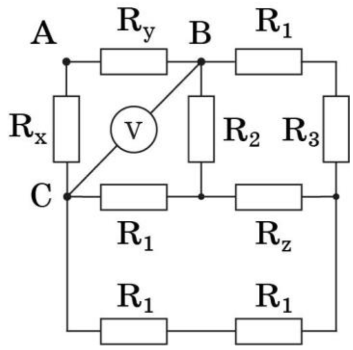


Задача 1. Воднолыжник. Катер едет посередине прямого длинного канала фиксированной ширины с постоянной скоростью υ. За катером на натянутом все время тросе длиной L курсирует от одного берега канала до другого воднолыжник. В момент времени, когда расстояние между лыжником и правым берегом увеличивалось со скоростью u, а трос составлял с направлением движения катера угол α0, спортсмен оторвался от воды.

Пренебрегая вертикальной составляющей скорости, найдите модуль скорости u0 спортсмена в этот момент? Какова в этот же момент сила натяжения троса T, если масса спортсмена m? На рисунке в качестве иллюстрации показан вид сверху в некоторый момент движения воднолыжника.



Задача 2. Шайбу! Шайба летит в сторону движущейся поступательно тяжёлой плиты так, что их плоскости параллельны. Вектор скорости шайбы составляет угол φ = 30˚ с нормалью к поверхности плиты. Происходит столкновение. Векторы скорости шайбы до и после столкновения одинаковы по модулю и перпендикулярны друг другу (см. рисунок). Кроме того, они лежат в одной плоскости с вектором скорости плиты. Определите минимальное и максимальное значения коэффициента трения μ, при которых возможно такое столкновение.



Задача 3. Девять резисторов. Электрическая цепь состоит из 9 резисторов и идеального вольтметра (см. рисунок). Сопротивление трех резисторов R_x, R_y, и R_z неизвестны, сопротивления остальных:

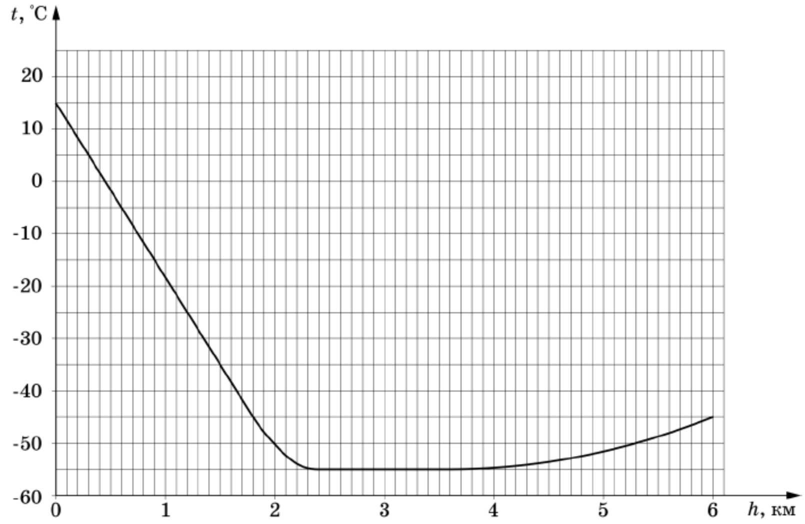
R_1 = 1 кОм, R_2 = 2 кОм, R_3 = 3 кОм. При подключении источника с постоянным напряжением U0 = 10 В к точкам A и B вольтметр показывает U1 = 4 В, при подключении того же источника к точкам A и C показания вольтметра U2 = 5 В.

Определите:

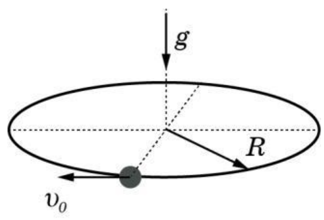
1) значения сопротивлений R_x, R_y, и R_z;

2) значения силы тока через источник при подключении его к точкам A и B ( ) и к точкам A и C (I_{AC}).

Задача 4. На планете R19. В далеком космосе астронавты исследовали атмосферу планеты R19. Оказалось, что она очень похожа на атмосферу Земли: состоит из идеального газа с молярной массой μ = 28 г/моль и имеет схожую зависимость температуры от высоты (см. рис.). И даже ускорение свободного падения у поверхности R19 равно g = 9,9 м/с^2. Однако атмосферное давление на уровне моря отличается от земного и равно $p0$ = 500 кПа. Определите по этим данным, пренебрегая изменением g с высотой, давление $p1$ и плотность $\rho 1$ на высоте $h1$ = 1,0 км. Универсальная газовая постоянная R = 8,31 Дж/(моль·К).



Задача 5. Бусинка на кольце. На тонкое проволочное кольцо радиусом R свободно надета бусинка массой m. Кольцо неподвижно и расположено горизонтально в поле тяжести g. Коэффициент трения скольжения между бусинкой и кольцом равен μ. В начальный момент времени бусинка движется со скоростью $v0$.



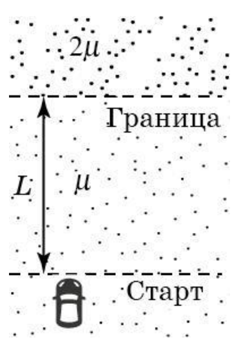
1) Найдите модуль силы трения, действующей на бусинку, в начальный момент времени.

2) Найдите модуль полного ускорения бусинки в этот же момент.

3) Запишите выражение, позволяющее с погрешностью не более 2% найти путь бусинки за время, в течение которого ее скорость уменьшилась на 1%

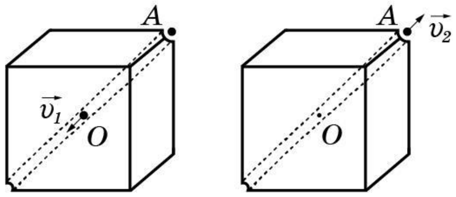
11 КЛАСС

Задача 1. Испытания автомобиля. Плоский горизонтальный полигон для испытания гоночных автомобилей имеет два участка с разным покрытием. По условиям испытаний автомобиль должен проехать в одном направлении по прямой расстояние L от линии старта до линии границы между участками, стартуя с нулевой начальной скоростью (см. рисунок). После пересечения линии границы автомобиль должен остановиться. Коэффициент трения на первом участке равен μ, а на втором 2μ. За какое минимальное время tи автомобиль может выполнить это испытание (от старта до полной остановки)? Какая при этом будет скорость $v0$ у автомобиля при пересечении им линии границы участков?



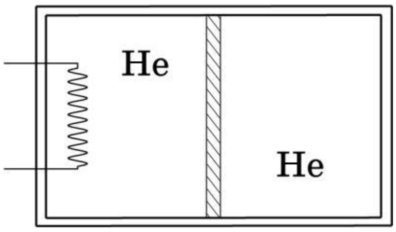
Нарисуйте график зависимости скорости автомобиля от времени, соответствующий вашему решению, и отметьте на нем момент прохождения автомобилем линии границы. Автомобиль полноприводный с неограниченной мощностью двигателя. Размерами машины по сравнению с L пренебречь.

Задача 2. Кубическая планета. На планете в форме куба из однородного материала вдоль большой диагонали высверлили узкий прямой гладкий канал. Если маленький шарик отпустить без начальной скорости из точки А (вершина куба), его скорость в момент прохождения центра куба (точка О) будет равна v1.



Какую минимальную скорость v2 нужно сообщить шарику при запуске в космос из точки А, чтобы он мог покинуть поле тяготения планеты? Атмосферы у планеты нет.

Задача 3. Сосуд с поршнем. Теплоизолированный цилиндрический сосуд разделён на две части не проводящим тепло поршнем, который может перемещаться без трения. В начальный момент в левой и правой частях сосуда находится по одному молю гелия при одинаковой температуре. В левую часть сосуда подвели тепло с помощью нагревателя. При этом температура гелия в ней увеличилась на **малую величину** □T. Определите изменение температуры □T2 в правой части сосуда и количество теплоты Q, переданное нагревателем.



Задача 4. Айс. Вертикальный цилиндрический сосуд с водой, равномерно вращающийся вокруг своей оси с периодом T0, быстро охлаждают, так что на поверхности появляется тонкая гладкая ледяная корка. На корку вблизи оси сосуда без начальной скорости помещают маленькую бусинку, которая может без трения скользить по поверхности. Найдите период T ее малых колебаний.

Задача 5. Остановка частицы в магнитном поле. Маленькая частица с положительным зарядом q движется в однородном магнитном поле с индукцией в вязкой среде. Сила сопротивления среды, действующая на частичку, прямо пропорциональна ее скорости.

В начальный момент времени импульс частицы равнялся $_0$ и был направлен перпендикулярно линиям индукции. Вектор перемещения частицы к моменту, когда скорость частицы впервые оказалась противонаправлена начальной скорости, составляет острый угол с вектором $\vec{\ }_0$. Какой путь прошла частица до остановки?

Чему равен модуль перемещения частицы до остановки?

Силой тяжести пренебречь.

Приложение Е

LIII Всероссийская олимпиада школьников по физике. Региональный этап. Теоретический тур. Возможное решение

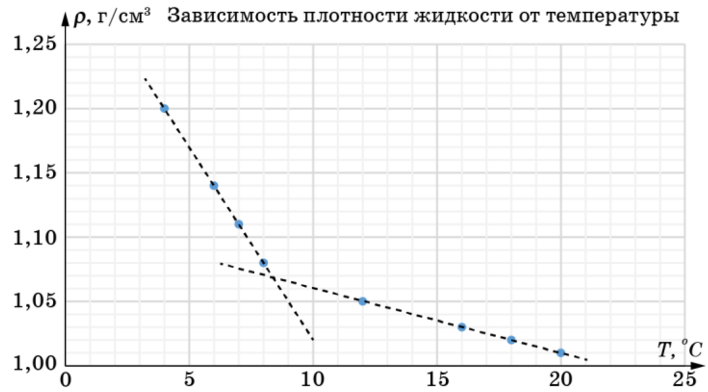
7 КЛАСС

Задача 1. Термоариометр. Длина шкалы температур L = 10 см. Её пределы измерения от – 20°С до +20°С. В ходе эксперимента показания шкалы температур изменялись от +20°С до +4°С. Значит, шкала сместилась на $\Delta x_T = \dfrac{20^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C}}{20^\circ\text{C} - (-20^\circ\text{C})} 10$ см = 4,0 см.

По условию она смещалась равномерно в течение $\Delta\tau = 5$ мин, значит скорость её движения относительно указателя $\upsilon_T = \dfrac{\Delta x_T}{\Delta\tau} = \dfrac{4\ \text{см}}{5\ \text{мин}} = 0{,}8\ \dfrac{\text{см}}{\text{мин}}$.

1) Скорость остывания $\dfrac{\Delta T}{\Delta\tau} = 3{,}2\ \dfrac{^\circ\text{C}}{\text{мин}}$.

2) Построим график $\rho(T)$:



Из него видно, что изменение плотности линейно зависит от температуры (и значит от времени, так как температура изменяется равномерно) на двух участках. На первом участке модуль скорости изменения равен $\left|\dfrac{\Delta\rho}{\Delta\tau}\right| = \left|\dfrac{\Delta\rho}{\Delta T}\dfrac{\Delta T}{\Delta\tau}\right| = \dfrac{1{,}20 - 1{,}08}{8-4} 3{,}2 = 0{,}096 \dfrac{\text{г/см}^3}{\text{мин}}$,а на втором $\left|\dfrac{\Delta\rho}{\Delta\tau}\right| = \left|\dfrac{\Delta\rho}{\Delta T}\dfrac{\Delta T}{\Delta\tau}\right| = \dfrac{1{,}05 - 1{,}01}{20-12} 3{,}2 = 0{,}016 \dfrac{\text{г/см}^3}{\text{мин}}$. Это меньше, чем на первом участке.

Длина шкалы плотностей L = 10 см. Её пределы измерения от 0,8 г/см^3 до от 1,2 г/см^3. Значит, максимальная по модулю скорость смещения шкалы плотностей относительно указателя будет на первом участке:

$$\upsilon_\rho = \frac{\Delta x_\rho}{\Delta\tau} = \frac{|\Delta\rho|\dfrac{10\ \text{см}}{(1{,}2\ - 0{,}8)\ \text{г/см}^3}}{\Delta\tau} = \frac{|\Delta\rho|}{\Delta\tau} 25 \frac{\text{см}}{\text{мин}} = 2{,}4\ \frac{\text{см}}{\text{мин}}.$$

Так как шкалы двигаются в противоположные стороны, то их относительная скорость

$$\upsilon = \upsilon_\rho + \upsilon_T = \ 3{,}2\ \frac{\text{см}}{\text{мин}}.$$

Критерии оценивания

1	График не подписаны оси (величины и ед. измерения) – 1 балл неудачный масштаб (график занимает по одной из осей менее половины) – 1 балл нанесены не все точки (или есть ошибки в их положении) – 1 балл	4 балла
2	Правильно определена скорость υ_T движения шкалы T	1
3	Правильно определена скорость остывания	1
4	Указано, что на двух участках скорость изменения плотности равномерна (так как **равномерно изменяется температура**)	1
5	Правильно найдена максимальная скорость изменения плотности	1
6	Правильно определена скорость движения шкалы ρ	1
7	Правильно определена относительная скорость движения шкал	1

Задача 2. Каникулы в Простоквашино (1).

$S_\downarrow \equiv S_1 = s_1 + s_3 + s_5 + s_7 + \dots$ (1), $S_\uparrow \equiv S_2 = s_2 + s_4 + s_6 + \dots$ (2) – см. рис.2. $s_1 = s$ (путь, который преодолел Шарик от станции до дома, $s_2 = s_3$, $s_4 = s_5$, $s_6 = s_7$, … (Шарик пробежал от дома до Дяди Фёдора, а потом пробежал обратно до дома; причем так много-много раз).

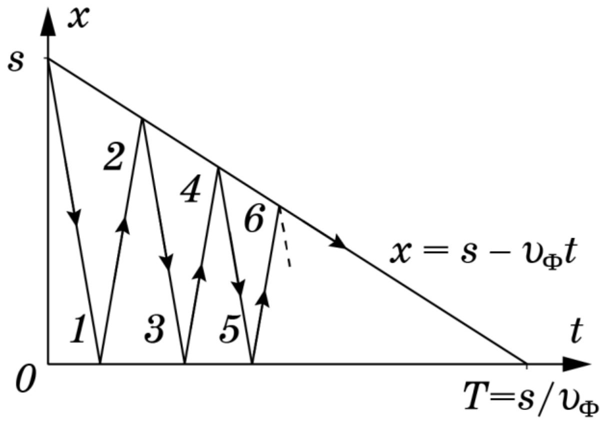


Рис.2

В итоге, в сумме (1) первое слагаемое равно s (расстоянию от станции до дома), а сумма остальных слагаемых в точности равна сумме всех слагаемых в (2), т.е. $S_1 - S_2 = s$, или $\upsilon_Ш T_1 - \upsilon_Ш T_2 = s$, или еще иначе $T_1 - T_2 = \frac{s}{\upsilon_Ш}$. (1)

Сумма времен T_1 и T_2 дает общее время движения дяди Фёдора: $T_1 + T_2 = \frac{s}{\upsilon_Ф}$, (2)

которое, разумеется, совпадает с полным временем движения Шарика.

Решая систему уравнений (1 – 2), находим:

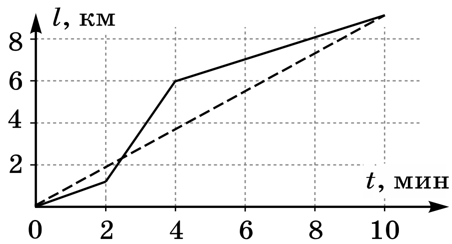
$T_1 = \frac{\upsilon_Ш + \upsilon_Ф}{\upsilon_Ш \upsilon_Ф}\frac{s}{2} = 0,2$ часа, $T_2 = \frac{\upsilon_Ш - \upsilon_Ф}{\upsilon_Ш \upsilon_Ф}\frac{s}{2} = 0,1$ часа.

$S_1 = s\frac{\upsilon_Ш + \upsilon_Ф}{2\upsilon_Ф} = 2,4$ км, $S_2 = s\frac{\upsilon_Ш - \upsilon_Ф}{2\upsilon_Ф} = 1,2$ км.

Критерии оценивания

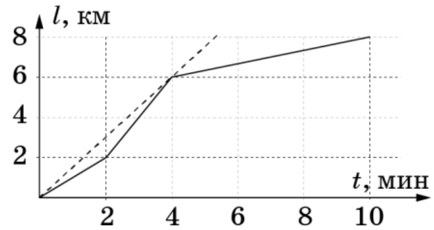
1	Указано, что $S_1 - S_2 = s = 1{,}2$ км	2 балла
2	Указано, что $T_1 + T_2 = s/\upsilon_Ф$	2 балла
3	Найдено время T_1 (не обязательно в числах)	2 балла
4	Найдено время T_2 (не обязательно в числах)	2 балла
5	Найден путь S_1	1 балл
6	Найден путь S_2	1 балл

Задача 3. Усреднение. Построим график зависимости пути от времени для второй машины относительно первой. За $t_0 = 10$ минут она проехала относительно первой путь $l_0 = 9$ км, следовательно, ее средняя скорость $\upsilon_0 = 0{,}9$ км/мин.



Пунктирная линия на графике соответствует движению со средней скоростью 0,9 км/мин. Видно, что график зависимости пути от времени пересекается пунктирной линией один раз, через $t_x \approx 2{,}5$ мин после старта.

Построим для второй машины график зависимости пути от времени (движение относительно дороги). Максимальная средняя скорость $\upsilon_{max} = 1{,}5$ км/мин была через 4 мин после старта (на рисунке ей соответствует пунктирная линия).



Примечание. Если ученик находил среднюю путевую скорость второй машины относительно первой, то такое решение тоже считать верным.

Критерии оценивания

1	Построен график пути от времени для второй машины относительно первой или аналитически найден путь $l_0 = 9$ км	3 балла
2	Найдена относительная путевая скорость за 10 минут движения	2 балла
3	Найден момент времени, когда средняя скорость второй машины относительно первой была равна υ_{10}	2 балла
4	Построен график пути от времени для второй машины или аналитически показано, что максимальное значение скорости будет достигнуто через 4 минуты на пути $l_2 = 6$ км	2 балла
5	Найдено максимальное значение путевой скорости	1 балл

Задача 4. Кубический коктейль. Запишем выражения для средних плотностей содержимого: $\rho_1 = ((V_0 - V)\,\rho + V\rho_{01})/V_0 = (4\rho + \rho_{01})/5$;

$\rho_2 = ((V_0 - V)\,\rho + V\,\rho_{02})/V_0 = (4\rho + \rho_{02})/5$;

$\rho_3 = ((V_0 - 2V)\,\rho + V\,\rho_{01} + V\,\rho_{01})/V_0 = (3\rho + \rho_{01} + \rho_{02})/5$.

Здесь ρ_{01} и ρ_{02} – неизвестные плотности первого и второго кубиков, V_0 – объем стакана, V – объем кубика. Решая систему уравнений, получим:

$\rho_3 = \rho_1 + \rho_2 - \rho = 1{,}8$ г/см^3.

Критерии оценивания

1	Записано уравнение для ρ_1	2 балла
2	Записано уравнение для ρ_2	2 балла

3	Записано уравнение для ρ_3	3 балла
4	Решена система уравнений и найдено выражение для плотности ρ_3	2 балла
5	Получен численный ответ для ρ_3	1 балл

8 КЛАСС
Возможное решение

Задача 1. Каникулы в Простоквашино (2). Пусть S_1 – путь, который Шарик пробежал, перемещаясь в сторону дома, а S_2 – путь, который он пробежал, перемещаясь в обратном направлении. Тогда $S_1 - S_2 = s$, или

$$\upsilon_{Ш,1}T_1 - \upsilon_{Ш,2}T_2 = s. \quad (1)$$

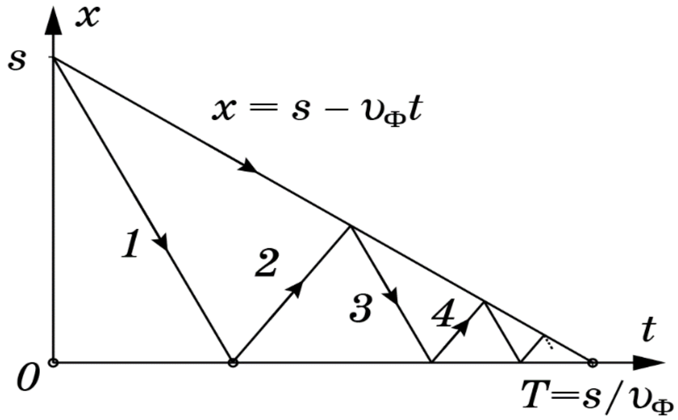


Рис. 2

Сумма времен T_1 и T_2 дает общее время движения дяди Фёдора: $T_1 + T_2 = \dfrac{s}{\upsilon_Ф}$, (2) которое, разумеется, совпадает с полным временем движения Шарика.

Решая систему уравнений (1 – 2), находим:

$$T_1 = \frac{\upsilon_{Ш,2} + \upsilon_Ф}{\upsilon_{Ш,1} + \upsilon_{Ш,2}} \frac{s}{\upsilon_Ф} = 0{,}18 \text{ часа}$$

$$T_2 = \frac{\upsilon_{Ш,1} - \upsilon_Ф}{\upsilon_{Ш,1} + \upsilon_{Ш,2}} \frac{s}{\upsilon_Ф} = 0{,}12 \text{ часа}$$

$$S_1 = \upsilon_{Ш,1}T_1 = s\frac{\upsilon_{Ш,1}}{\upsilon_Ф} \frac{\upsilon_{Ш,2} + \upsilon_Ф}{\upsilon_{Ш,1} + \upsilon_{Ш,2}} = 2{,}16 \text{ км}$$

$$S_2 = \upsilon_{Ш,2}T_2 = s\frac{\upsilon_{Ш,2}}{\upsilon_Ф} \frac{\upsilon_{Ш,1} - \upsilon_Ф}{\upsilon_{Ш,1} + \upsilon_{Ш,2}} = 0{,}96 \text{ к}$$

$$S_1 - S_2 = s = 1{,}2 \text{ км}$$

Критерии оценивания

1	Указано, что $S_1 - S_2 = s = 1{,}2$ км	2 балла
2	Указано, что $T_1 + T_2 = s/\upsilon_Ф$	2 балла
3	Найдено время T_1 (не обязательно в числах)	2 балла
4	Найдено время T_2 (не обязательно в числах)	2 балла
5	Найден путь S_1	1 балл
6	Найден путь S_2	1 балл

Задача 2. Качаем пресс. Обозначим площадь малого поршня S, а большого $4S$. Для сохранения объема масла при движении малого поршня к стене пресс должен двигаться от стены. Это возможно, если

$p_1(4S - S) = 2F,$ (1)

где p_1 – это давление масла в цилиндре. Условие начала движения малого поршня $F_1 - p_1S = F.$ (2)

Откуда $F = 3F_1/5 = 300$ Н.

Влияние атмосферного давления здесь не принципиально ($p_1 > p_0$). При желании можно заменить в формулах давление p_1 на разность давлений $p_1 - p_0$.

Во втором случае, чтобы пресс отодвинуть от стены, большой поршень для сохранения объема жидкости тоже должен двигаться от стены, но медленнее, чем сам пресс. Таким образом, обе силы трения, действующие на пресс, направлены к стене, и уже без учета атмосферного давления трудно объяснить движение пресса вправо. Давление p_2 масла внутри пресса меньше атмосферного! Условие равномерного движения пресса:

$(p_0 - p_2)(4S - S) = 2F,$ (3)

а условие равновесия большого поршня:

$4S(p_0 - p_2) = F_2 + F.$ (4)

Откуда $F_2 = F_1 = 500$ Н.

Критерии оценивания

1	Записано соотношение (1) или его аналог	2 балла
2	Записано соотношение (2) или его аналог	2 балла
3	Найдена сила трения F	1 балл
4	Записано соотношение (3) или его аналог	2 балла
5	Записано соотношение (4) или его аналог	1 балл
6	Найдена сила F_2	1 балл
7	Указано направление действия силы F_2	1 балл
8	За отсутствие ссылки на необходимость внешнего давления p_0 баллы не снимать	

Задача 3. Пластичность. После деформации объём пластилина не изменился, следовательно, $sH = Sh$, где S – площадь верхней грани нового цилиндра. Горизонтальные составляющие сил давления жидкости, действующие на столбик, компенсируют друг друга. На деформированный пластилин со стороны жидкости в вертикальном направлении вверх действует сила:

$$F = \rho_0 g\left(S - s\right)H + p_0\left(S - s\right) - \left[\rho_0 gS\left(H - h\right) + p_0 S\right] = -p_0 s.$$

(Другой вариант решения.)

$F_{Арх} = \rho_0 g(S - s)h$ – сила Архимеда, действующая на «шайбу» площадью S – s. Сила давления жидкости на столбик сечением s равна $F_{ж} = \rho_0 gs(H - h) + p_0 s$.

Результирующая сила $F_{общ} = F_{ж} - F_{Арх} = \rho_0 g\left[s(H - h) - (S - s)h\right] + p_0 s = p_0 s$.

Наличие атмосферного давления увеличит обе силы на одну и ту же величину и не изменит результат.

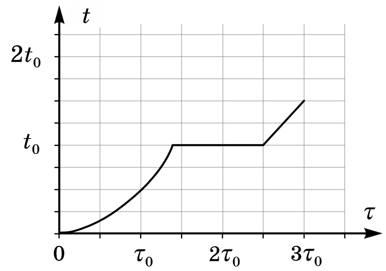
Следовательно, после деформации пластилина результирующая сила не изменяется.

Критерии оценивания

1	Записано условие постоянства объёма пластилина	2 балла
2	Упомянута компенсация горизонтальных составляющих сил	1 балла
3	Правильно записана сила давления сверху	2 балла
4	Правильно записана сила давления жидкости	2 балла
5	Показано равенство нулю результирующей силы	2 балла
6	Учтено атмосферное давление (или аргументирован отказ его учёта)	1 балла

Примечание: Задачу можно решить в общем виде: Искомая сила есть разница между силой Архимеда, действующей на полностью окруженное водой тело, и силой давления жидкости на площадку s. Поскольку в обоих случаях пятно контакта со дном и объем пластилина не изменялись, то и результирующая сила не изменялась. Если участник рассуждал подобным образом, то он заслуживает полный балл!

Задача 4. Нелинейное плавление. Теплоемкость вещества $C = Q/t$. С помощью графика (рис. б) находим:



для твёрдой фазы $C_{Тв} = Q_0/t_0$;

для жидкой фазы $C_Ж = Q_0/(t_0/2) = 2C_{Тв}$.

Следовательно, $C_{Тв}/C_Ж = 1/2$.

За время работы нагревателя ($3\tau_0$) выделилось $4Q_0$ теплоты.

Площадь под графиком (а) соответствует выделившемуся количеству теплоты: $4N_0\tau_0 = 4\ Q_0$. Таким образом $N_0\tau_0 = Q_0$.

Вещество нагреется до точки плавления за время $\sqrt{2}\tau_0$. При этом мощность нагревателя возрастёт до $\sqrt{2}N_0$.

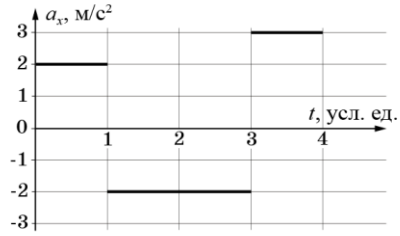
Для плавления вещества потребуется количество теплоты $2Q_0$. На это потребуется время: $\tau_п = 0{,}5\tau_0 + (2 - \sqrt{2})\tau_0 = (2{,}5 - \sqrt{2})\tau_0 \approx 1{,}1\tau_0$.

Критерии оценивания

1	Найдена теплоёмкость твёрдой фазы	1 балл
2	Найдена теплоёмкость жидкой фазы	1 балл
3	Найдено отношение теплоёмкостей	1 балл
4	Установлена связь $4N_0\tau_0 = 4Q_0$	2 балла
5	Найдено время нагрева вещества до точки плавления	3 балла
6	Найдено время плавления вещества	2 балла

9 КЛАСС

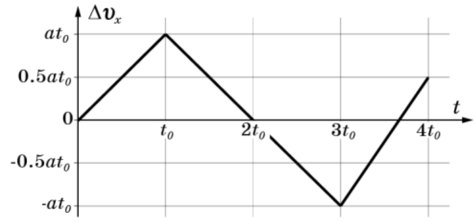
Задача 1. До остановки. Две частицы движутся вдоль оси OX. Зависимости их ускорения a_x от времени оказались одинаковыми (см. рис.). За все время наблюдений проекция скорости υ_x каждой из частиц ровно один раз обращалась в ноль, а пройденные ими пути отличались на $\Delta S = 16$ см.



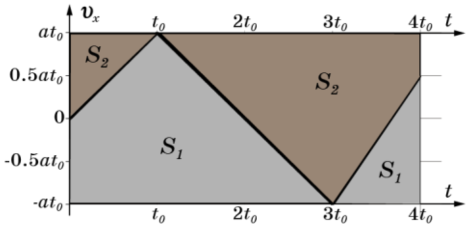
Определите пути S1 и S2, пройденные частицами, и время τ их движения.

Возможное решение

Обозначим за t_0 и a время движения и ускорение на первом участке. Построим график изменения скорости от времени $\Delta\upsilon(t)$ (см. рис.). Отметим, что единственная остановка ($\upsilon = 0$) за время наблюдения будет, если сместить график на $\upsilon_0 = \pm at_0$. В других случаях будет две или три остановки.



Совместим на одном графике две площади, соответствующие путям двух частиц. Вычисление площадей даст:



$S_1 = 4{,}25at_0^2$

$S_2 = 3{,}75at_0^2$

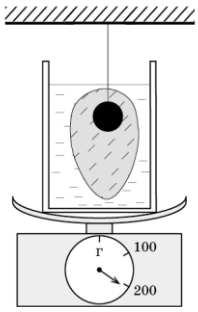
$\Delta S = 0{,}5at_0^2 = 16$ см

Откуда $t_0 = 0{,}4$ с, всё время движения $\tau = 4t_0 = 1{,}6$ с; $S_1 = 1{,}36$ м; $S_2 = 1{,}2$ м.

Критерии оценивания

1	Остановка происходит либо при $t_1 = t_0$, либо при $t_2 = 3t_0$ (по 1 баллу за каждый случай)	2 балла
2	Получены выражения для S_1 и S_2 через a и t_0 (или τ) (по 2 балла за каждый путь)	4 балла
3	Получено выражение для ΔS через a и t_0 (или τ)	1 балл
4	Найдено время движения τ	1 балл
5	Найдены пути S_1 и S_2	2 балла

Задача 2. «Наморозили». На весах установлен калориметр с водой при температуре $t_0 = 0$˚С. Весы показывают при этом $m_1 = 100$ г. В воду опускают стальной шарик, закрепленный на нити с намерзшим на нем толстым слоем льда, который полностью погружен в воду. Показания весов увеличиваются до значения $m_2 = 201{,}3$ г. После установления теплового равновесия в калориметре (на этом этапе теплообменом с окружающей средой можно пренебречь), показания весов ещё немного возрастают до $m_3 = 204{,}45$ г. Через большой промежуток времени, когда содержимое калориметра нагрелось до комнатной температуры, весы показали $m_4 = 191{,}3$ г. Определите массу $m_с$ стального шарика, массу $m_л$ льда на нём перед опусканием в калориметр, их температуру t перед погружением в воду. Удельная теплоемкость стали $c_с = 450$ Дж/кг·˚С, удельная теплоемкость льда $c_л = 2100$ Дж/кг·˚С, удельная



теплота плавления льда $\lambda = 3{,}4\cdot10^5$ Дж/кг, плотность стали $\rho_с = 7800$ кг/м^3, льда $\rho_л = 900$ кг/м^3, воды $\rho_в = 1000$кг/м^3.

Возможное решение

Показания весов при погружении тела на нити увеличиваются за счёт силы Архимеда, действующей на это тело. Поэтому сразу после опускания шарика со льдом в воду: $m_2 = m_1 + \left(\frac{m_с}{\rho_с} + \frac{m_л}{\rho_л}\right)\rho_в$ (1)

После установления теплового равновесия показания весов увеличились из-за дополнительно намёрзшего льда массой $\Delta m_л$. При этом в сосуде устанавливается температура 0°С, и можно записать уравнение теплового баланса:

$$\Delta m_л\lambda + (c_с m_с + c_л m_л)t = 0 \qquad (2)$$

Показания весов при этом увеличатся: $m_3 - m_2 = \frac{\Delta m_л}{\rho_л}\rho_в - \Delta m_л = \frac{\rho_в - \rho_л}{\rho_л}\Delta m_л$ (3)

После того как весь лёд растает, показания весов P_4 по сравнению с P_2 уменьшатся из-за уменьшения силы Архимеда, но увеличатся за счёт увеличения количества воды на $m_л$: $m_2 - m_4 = \frac{m_л}{\rho_л}\rho_в - m_л = \frac{\rho_в - \rho_л}{\rho_л}m_л$ (4)

Из этого уравнения получаем начальную массу льда:

$$m_л = \frac{m_2 - m_4}{\rho_в - \rho_л}\rho_л = 90 \text{ г}$$

Теперь из уравнения (1) можно найти массу стального шарика:

$$m_с = \frac{\rho_с}{\rho_в}\left(m_2 - m_1 - \frac{m_л}{\rho_л}\rho_в\right) \approx 10{,}1 \text{ г}$$

Из (3) находим массу дополнительно намёрзшего льда:

$$\Delta m_л = (m_3 - m_2)\frac{\rho_л}{\rho_в - \rho_л} \approx 28{,}4 \text{ г}$$

Наконец, из (2) определим начальную температуру льда и шарика:

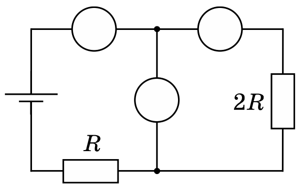
$$t = -\frac{\Delta m_л\lambda}{c_с m_с + c_л m_л} \approx -49{,}9°\text{C}$$

Примечание: при подстановке численных ответов в условие плавания получается, что лёд с шариком всплывает, но! На малую часть объема, что практически не влияет на численный ответ.

Критерии оценивания

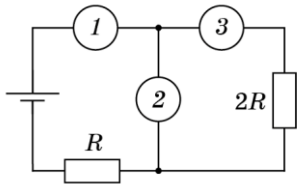
1	Записано выражение для показаний весов при погружении тела на нити (1)	2 балла
2	Записано уравнение теплового баланса (2)	1 балл
3	Записано выражение для показаний весов после намерзания льда (3)	2 балла
4	Записано выражение для показаний весов после таяния льда (4)	2 балла
5	Найдена масса льда	1 балл
6	Найдена масса шарика	1 балл
7	Найдена начальная температура льда с шариком	1 балл

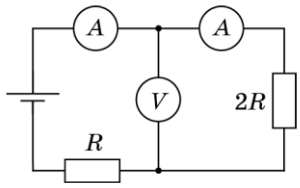
Задача 3. Пропавшие приборы. Миша собрал электрическую цепь, состоящую из идеального источника, двух резисторов, двух амперметров и одного вольтметра. Но второпях он забыл расставить на схеме обозначения приборов, зато точно запомнил, что один из амперметров показывал силу тока I = 1,0 мА, а вольтметр – напряжение U = 1,2 В. Восстановите обозначения приборов. Дайте обоснование. Определите показания второго амперметра, сопротивления резисторов и напряжение источника U_0. Все приборы можно считать идеальными.



Возможное решение

Прежде всего определим, где какой прибор подключен. Если в положении «1» будет стоять идеальный вольтметр, то цепь будет разомкнута и показания амперметров будут нулевыми, что не удовлетворяет условиям задачи. Значит в положении «1» стоит амперметр. Теперь если в положение «3» поставить вольтметр, а в «2» поставить другой амперметр, то последний закоротит участок цепи с вольтметром. Тогда показания вольтметра будут нулевыми, что не удовлетворяет условиям задачи.





Значит, правильная схема приведена на нижнем рисунке.

В этой схеме амперметры подключены последовательно. Это означает, что их показания одинаковы и равны общему току в цепи:

$I_{A1} = I_{A2} = I = 1,0 мА$

Такой же ток течёт через резистор 2R, напряжение на нём показывает вольтметр. По закону Ома $2R = \frac{U}{I} = 1200$ Ом, и R = 600 Ом.

Сила тока через резистор R так же равна I, следовательно, падение напряжения на нём $U_R = IR = 0,6 В$

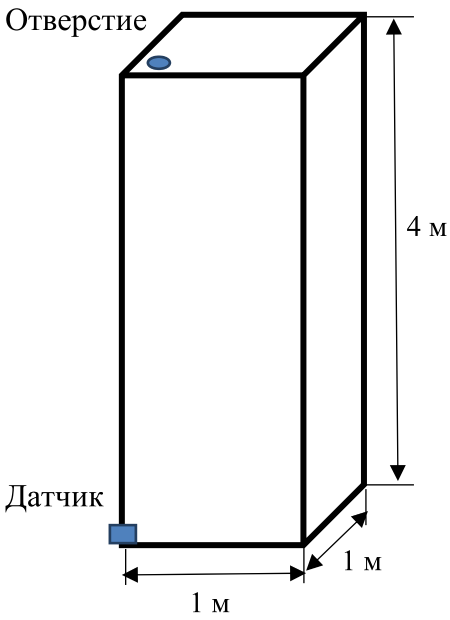
Напряжение источника равно сумме падений напряжений на резисторах.

$U_0 = U_R + U_{2R} = 1,8 В$

Критерии оценивания

1	Правильно и обоснованно определено положение вольтметра на схеме	4 балла
2	Правильно определены показания второго амперметра	2 балла
3	Правильно рассчитаны сопротивления резисторов R и $2R$	2 балла
4	Правильно рассчитано напряжение источника U_0	2 балла

Задача 4. «Гидростатический черный ящик». Имеется прямоугольный сосуд размерами 1х1х4 метра. В верхней крышке сосуда есть отверстие. В нижней части сосуда вплотную ко дну смонтирован миниатюрный датчик давления. Внутри сосуда может быть расположено произвольное число перегородок и закрытых ими полостей. Каждая перегородка имеет пренебрежимо малый объем и расположена горизонтально или вертикально. Все вертикальные перегородки параллельны одной и той же стенке сосуда.



Через верхнее отверстие в сосуд медленно заливают воду, снимая при этом зависимость показаний датчика давления от объема налитой воды. Полученная зависимость представлена на графике. Проанализируйте ее и нарисуйте на выданном вам листе возможную схему расположения перегородок в сосуде, соответствующую данному графику (достаточно любой одной схемы из множества возможных). На схеме укажите масштаб и все характерные размеры. Поясните, каким образом вы получили эти размеры и определили характерные особенности расположения перегородок.

Считайте $g = 10$ м/с^2, плотность воды ρ = 1 000 кг/м^3, атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа.

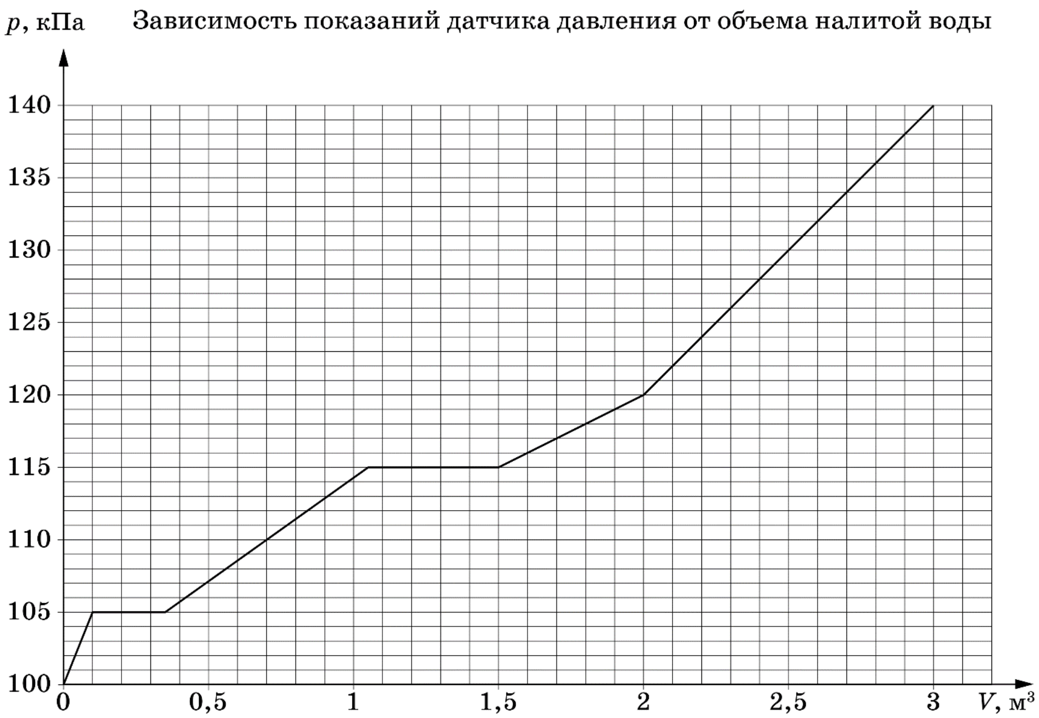
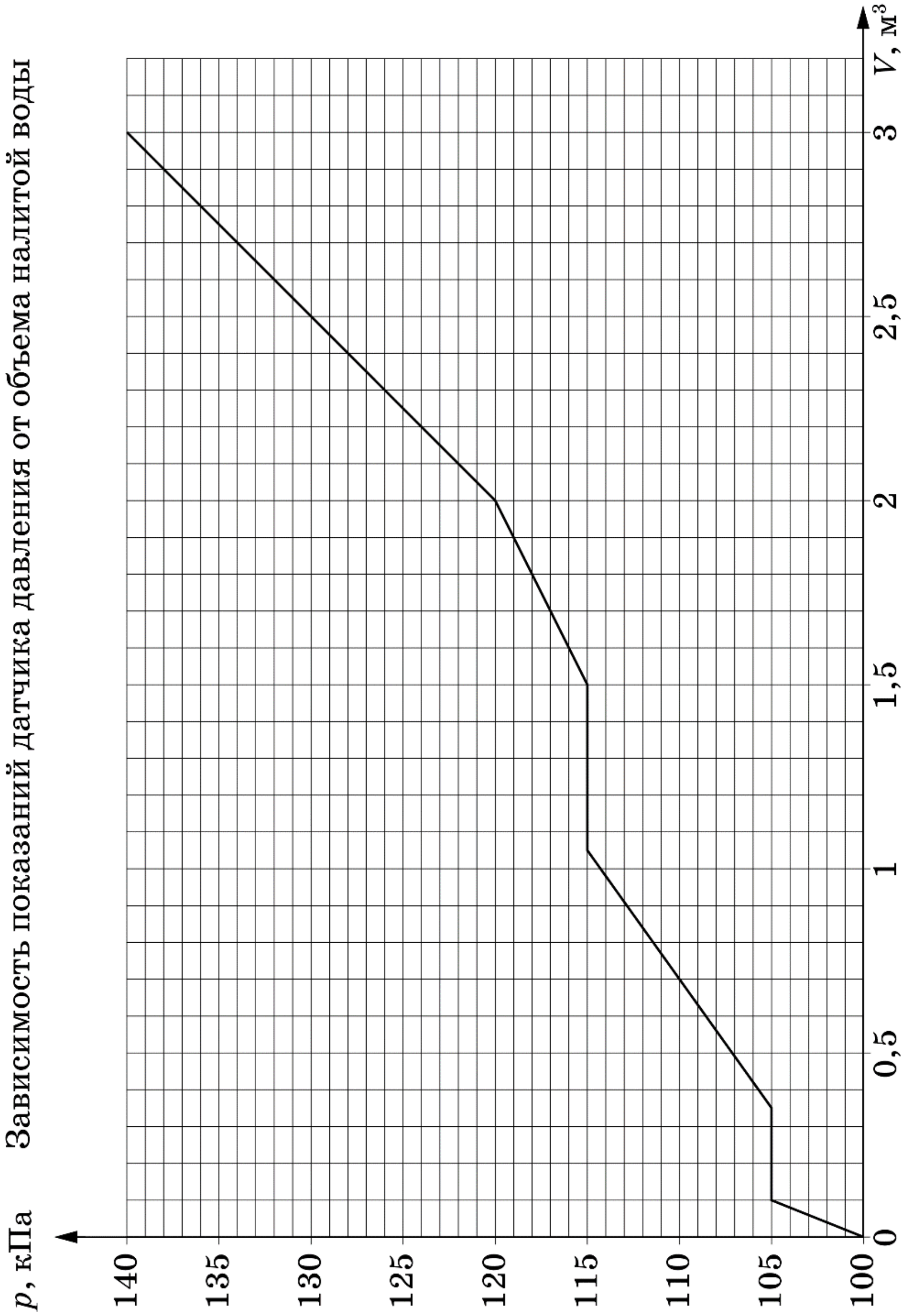


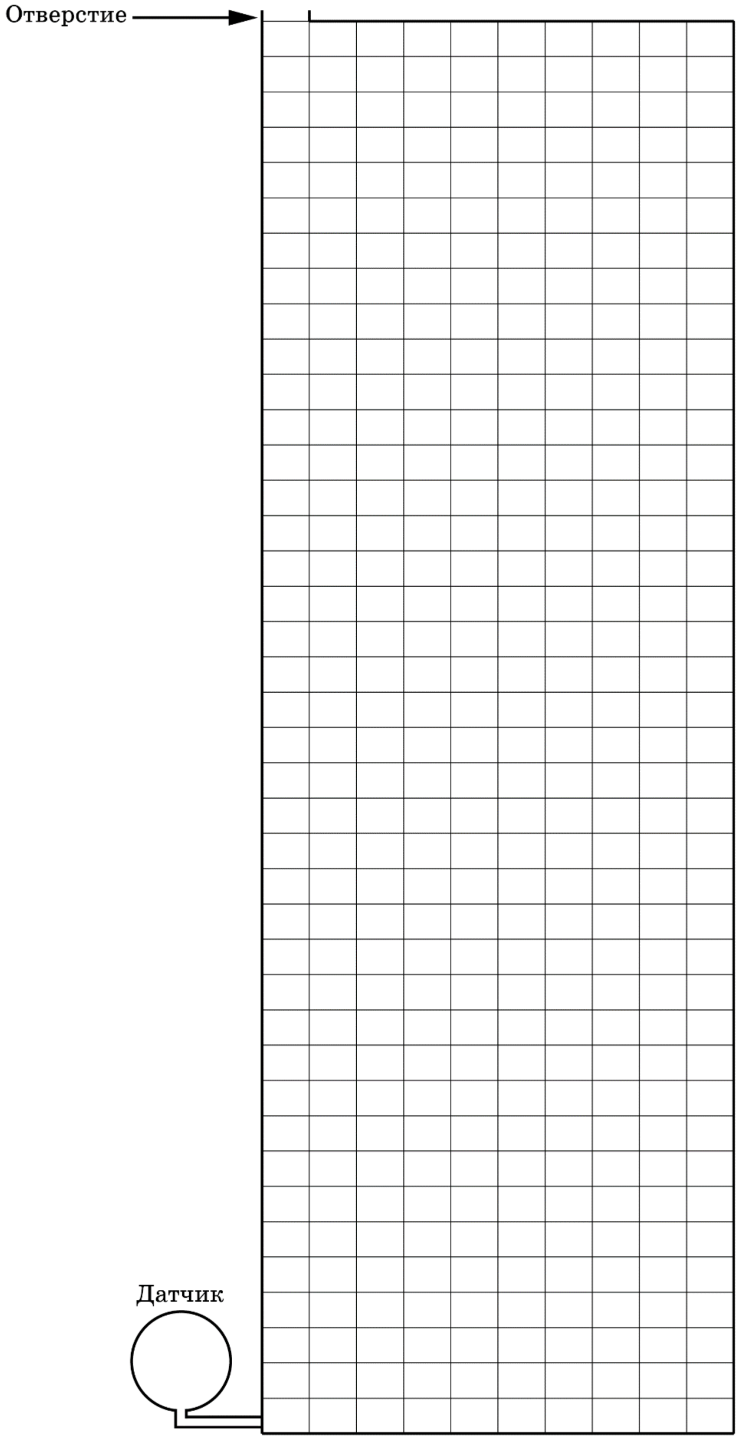
График для задачи 4 следует распечатать на отдельном листе формата А4

СДАЕТСЯ ВМЕСТЕ С РАБОТОЙ!!!



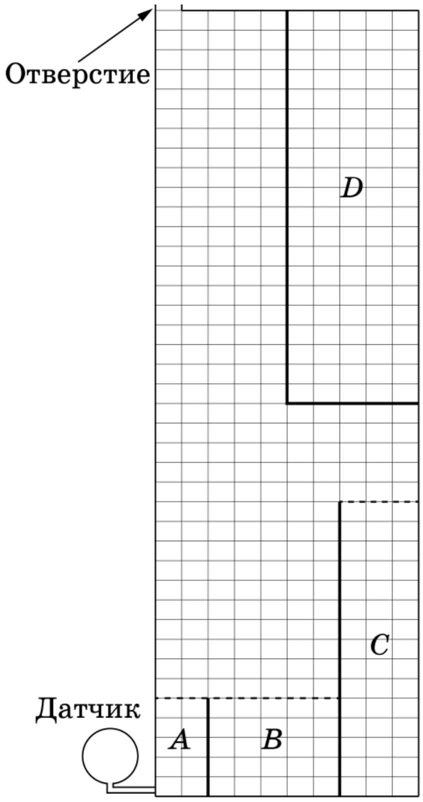
Заготовку для схемы задачи 4 следует распечатать на отдельном листе формата А4

СДАЕТСЯ ВМЕСТЕ С РАБОТОЙ!!!



Возможное решение

Мы видим несколько участков линейного увеличения давления. Измеряемое датчиком давление $P = P_0 + \rho g h$, где h – высота свободной поверхности воды над датчиком давления (дном сосуда). Из графика видно, что в конце процесса сосуд оказался заполнен доверху.



Пусть в сосуд долили небольшой объем воды ΔV, который растекся по свободной поверхности уже налитой жидкости. Пусть площадь свободной поверхности воды равна S, тогда $\Delta V = S \cdot \Delta h = \frac{S\Delta P}{\rho g}$, откуда $S = \rho g \frac{\Delta V}{\Delta P}$. Найдем площади свободной поверхности жидкости для каждого линейного участка возрастания давления.

h, м	0,0-0,5	0,5-1,5	1,5-2,0	2,0-4,0
S, м^2	0,2	0,7	1,0	0,5

Из таблицы видно, что только в диапазоне высот 1,5 – 2,0 метра от дна вода заполняла сосуд по всей его площади.

Теперь разберемся с горизонтальными участками графика. Как возможно такое, что при увеличении объема воды в сосуде давление у дна не возрастает. Это возможно, если в определенный момент времени вода достигает верха некоторой перегородки и затем переливается через нее, а когда уровень воды за перегородкой сравняется с уровнем воды перед перегородкой, то давление на дно вновь начинает расти. Из графика видно, что объем частей А, В и С составляют соответственно 0,1 м^3; 0,25 м^3 и 0,45 м^3. Часть D представляет собой полость, образованную горизонтальной и вертикальной перегородками.

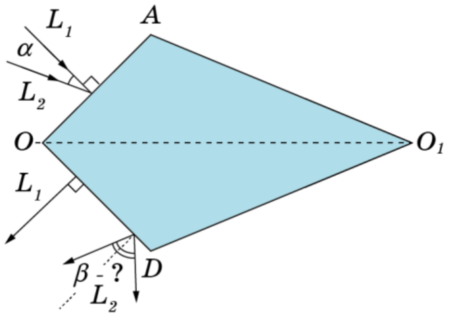
На рисунке приведен один из возможных примеров расположения перегородок в сосуде.

Одна клетка соответствует 0,1 метра.

Критерии оценивания

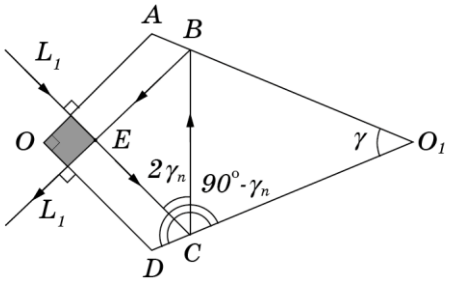
1	Сделан пересчет давления в высоту	1 балл
2	Определена площадь свободной поверхности воды на разных высотах	1 балл
3	Дано объяснение горизонтальным участкам на графике	2 балла
4	Указано, что на высоте 1,5-2,0 метра отсутствуют перегородки, препятствующие заполнению всей площади сосуда	1 балл
5	Участок графика от 0 до 0,5 метра указывает на наличие перегородки между частями А и В	1 балл
6	Часть А имеет объем 0,1 м^3 и высоту 0,5 метра	1 балл
7	Участок графика от 0,5 до 1,5 метров указывает на наличие перегородки между частями В и С	1 балл
8	Часть В имеет объем 0,25 м^3 и высоту 0,5 метра Часть С имеет объем 0,45 м^3 и высоту 1,5 метра	1 балл
9	Участок графика от 2,0 до 4,0 метра соответствует полости D	1 балл

Задача 5. Тетрагон. Основание стеклянной призмы имеет форму четырёхугольника OAO_1D (см. рисунок). Угол AOD – прямой. Призма симметрична относительно плоскости, содержащей OO_1 и перпендикулярной основанию. Луч L_1 нормально падает на грань OA и после отражений на гранях DO_1 и AO_1 выходит через грань OD также под прямым углом к ней. Луч L_2 падает на грань OA под углом α. Под каким углом β относительно нормали к грани OD он выйдет из призмы после отражений на гранях DO_1 и AO_1? Все лучи и перпендикуляры к граням призмы лежат в плоскости OAO_1D.

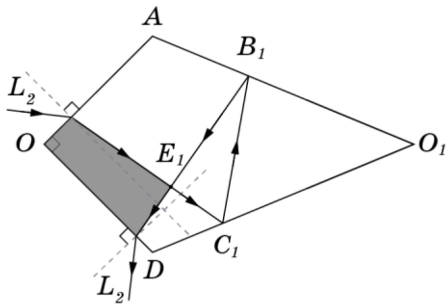


Возможное решение

Построим ход L_1. Нормально падающие лучи не преломляются на границе раздела сред. Значит, ход лучей симметричен относительно OO_1, и луч дважды пересекает эту линию в точке E. Треугольник BEC прямоугольный и равнобедренный, значит, углы EBC и ECB по 45°, значит, углы падения и отражения лучей на гранях будут по $\gamma_п = 22{,}5°$. Тогда, из четырёхугольника EBO_1C угол $\gamma = 45°$.



Построим ход отклонённого луча. Отметим, что сумма углов AB_1C_1 и DC_1B_1 равна сумме углов ABC и DCB (сумма углов в четырехугольниках одинакова). Следовательно, сумма углов $E_1B_1O_1$ и $E_1C_1O_1$ равна сумме углов EBO_1 и ECO_1. Значит, лучи по-прежнему пересекаются в призме под прямыми углами.



С учётом вышесказанного, принимая во внимание равенство суммы углов в «серых» четырёхугольниках, можно заключить, что угол, под которым преломился L_2 на грани OA, равен углу, под которым он упал на грань OD. Значит, по закону Снеллиуса, угол, под которым луч выйдет из грани OD, равен углу, под которым он упал на грань OA.

Заметим, что от показателя преломления стекла ответ не зависит.

Критерии оценивания

1	Правильно описано преломление нормально падающих лучей	1 балл
2	Указана симметричность поведения L_1 в призме	1 балл
3	Применён закон отражения света	1 балл
4	Правильно найдены неизвестные углы в призме (или хотя бы один из них)	2 балла
5	Доказано, что луч, падающий на грань DO_1, и во втором случае перпендикулярен лучу, падающему на грань OD	2 балла
6	Получено, что угол преломления L_2 на грани OA равен его углу падения на грань OD	2 балла
7	Сделан вывод о том, что угол, под которым луч выйдет из грани OD, равен углу, под которым он упал на грань OA ($\beta = \alpha$)	1 балл

Примечание к критериям

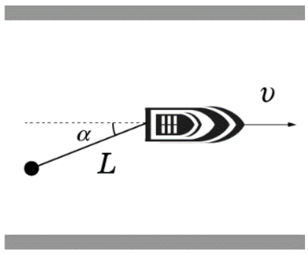
Если задача решалась альтернативным способом, например, через пошаговое построение хода лучей, то следует придерживаться следующих правил:

1. Полностью правильное решение с выводом равенства углов β = α – 10 баллов.

2. Рассмотрение хода луча L_1 с правильным нахождением угла γ – 5 баллов.

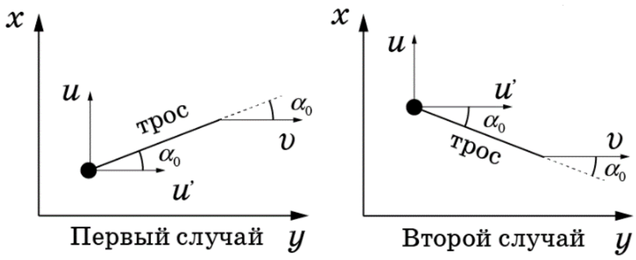
10 КЛАСС

Задача 1. Воднолыжник. Катер едет посередине прямого длинного канала фиксированной ширины с постоянной скоростью υ. За катером на натянутом все время тросе длиной L курсирует от одного берега канала до другого воднолыжник. В момент времени, когда расстояние между лыжником и правым берегом увеличивалось со скоростью u, а трос составлял с направлением движения катера угол α_0, спортсмен оторвался от воды. Пренебрегая вертикальной составляющей скорости, найдите модуль скорости u_0 спортсмена в этот момент? Какова в этот же момент сила натяжения троса T, если масса спортсмена m? На рисунке в качестве иллюстрации показан вид сверху в некоторый момент движения воднолыжника.



Возможное решение

Разложим скорость спортсмена относительно берега на две составляющие: перпендикулярную берегу u и продольную u'. Так как расстояние от спортсмена до точки катера, к которой прикреплен трос, не меняется, то проекции скоростей воднолыжника и катера на линию, проходящую через трос, должны быть одинаковы.



В первом случае, когда спортсмен находится между правым берегом и катером, получим: $v\cos\alpha_0 = u'\cos\alpha_0 + u\sin\alpha_0$, тогда $u' = v - u\,\mathrm{tg}\alpha_0$.

Во втором случае, когда спортсмен находится между катером и левым берегом, получим:

$v\cos\alpha_0 = u'\cos\alpha_0 - u\sin\alpha_0$, тогда $u' = v + u\,\mathrm{tg}\alpha_0$.

Модуль скорости спортсмена относительно берега $u_0 = \sqrt{u^2 + u'^2} = \sqrt{u^2 + (v \pm u\,\mathrm{tg}\alpha_0)^2}$.

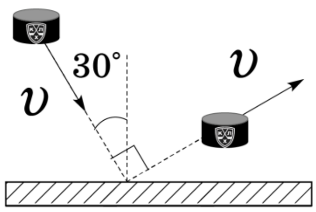
Так как относительно катера воднолыжник движется по окружности радиусом L, то сила натяжения троса $T = \frac{mu_{\text{отн}}^2}{L}$, где $u_{\text{отн}}^2 = u^2 + (u' - v)^2 = u^2(1 + \mathrm{tg}^2\alpha_0) = \frac{u^2}{\cos^2\alpha_0}$.

Окончательно, $T = \frac{mu^2}{L\cos^2\alpha_0}$.

Критерии оценивания

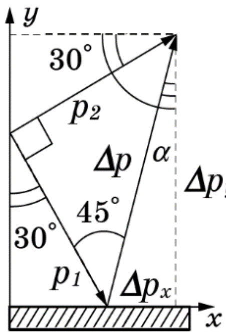
1	Записано уравнение кинематической связи между скоростью спортсмена и скоростью катера или заменяющие его соотношения между скоростями	2 балла
2	Получено выражение для продольной составляющей скорости спортсмена относительно берега (спортсмен между правым берегом и катером)	1 балл
3	Получено выражение для продольной составляющей скорости спортсмена относительно берега (спортсмен между левым берегом и катером)	1 балл
4	Получен ответ на первый вопрос (для рассмотренных случаев)	1 балл
5	Из решения видно, что сила натяжения определяется скоростью спортсмена относительно катера	2 балла
6	Получено выражение для скорости спортсмена относительно катера	2 балла
7	Получено выражение для силы натяжения троса	1 балл

Задача 2. Шайбу! Шайба летит в сторону движущейся поступательно тяжёлой плиты так, что их плоскости параллельны. Вектор скорости шайбы составляет угол $\varphi = 30^\circ$ с нормалью к поверхности плиты. Происходит столкновение. Векторы скорости шайбы до и после столкновения одинаковы по модулю и перпендикулярны друг другу (см. рисунок). Кроме того, они лежат в одной плоскости с вектором скорости плиты. Определите минимальное и максимальное значения коэффициента трения μ, при которых возможно такое столкновение.



Возможное решение

Свяжем импульсы шайбы до и после удара: $\vec{P}_2 = \vec{P}_1 + \Delta\vec{P}$ (см. рисунок).



Из рисунка видно, что вектор $\Delta\vec{P}$ образует с вертикалью (осью OY) угол $\alpha = 90^\circ - 45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$.

Если после столкновения шайбы с плитой проекция скорости шайбы на ось OX меньше проекции скорости плиты на ту же ось, то это значит, что в течение всего времени столкновения шайба скользила по плите и, следовательно, $F_{\text{Тр.}} = \mu N$. Здесь N – нормальная реакция опоры. В таком случае

$$\frac{\Delta P_X}{\Delta P_Y} = \frac{\left(\frac{\Delta P_X}{\Delta t}\right)}{\left(\frac{\Delta P_Y}{\Delta t}\right)} = \frac{F_{\text{Тр.}}}{N} = \mu = \tan\alpha \approx 0,27 .$$

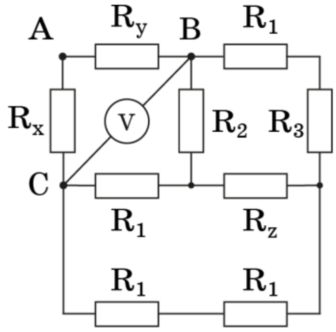
Если же после столкновения шайбы с плитой проекция скорости шайбы на ось OX сравняется с проекцией скорости плиты на ту же ось, то коэффициент трения μ может быть любым большим 0,27.

Критерии оценивания

1	Отмечено (или явно использовано при решении), что изменение проекций скорости шайбы на оси OX и OY происходит из-за действия сил нормальной реакции опоры и силы трения	1 балл
2	Явно указано, что в зависимости от μ x-проекция скорости шайбы после столкновения либо меньше x-проекции скорости плиты (случай 1), либо равна ей (случай 2, большие μ)	2 балла

3	Получено при явном или неявном использовании второго закона Ньютона для изменений проекций импульса шарика соотношение $\frac{\Delta p_X}{\Delta p_Y}$ для первого случая	2 балла
4	Найден угол α (1 балл) и получено значение $\mu_{\min}$	2 балла
5	Отмечено, что при всех $\mu > \mu_{\min}$ проскальзывание исчезает до момента прекращения контакта плиты и шайбы, и x-проекции скорости шайбы и плиты сравниваются, а угол отскока не зависит от μ	2 балла
6	Указано, что во втором случае значение μ может быть сколь угодно велико	1 балл

Задача 3. Девять резисторов. Электрическая цепь состоит из 9 резисторов и идеального вольтметра (см. рисунок). Сопротивление трех резисторов R_x, R_y и R_z неизвестны, сопротивления остальных: R_1 = 1 кОм, R_2 = 2 кОм, R_3 = 3 кОм.



При подключении к точкам A и B источника с постоянным напряжением U_0 = 10 В вольтметр показывает U_1 = 4 В, при подключении того же источника к точкам A и C показания вольтметра U_2 = 5 В.

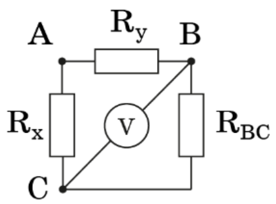
Определите:

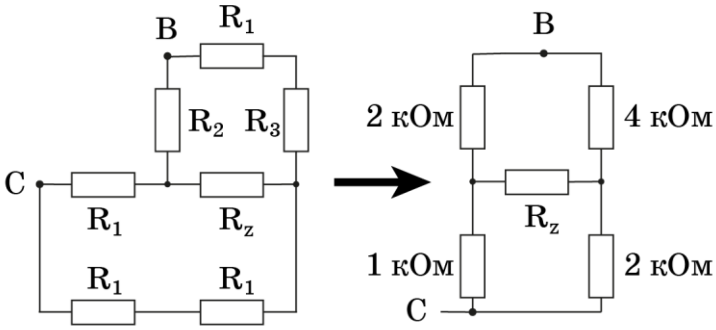
1) значения сопротивлений R_x, R_y и R_z;

2) значения силы тока через источник при подключении его к точкам A и B (I_{AB}) и к точкам A и C (I_{AC}).

Возможное решение

Перерисуем схему в виде, показанном на левом рисунке. Здесь R_{BC} – сопротивление участка схемы BC, который может быть преобразован (правый рисунок) в сбалансированный мостик с не зависящим от R_z сопротивлением R_{BC} = 2 кОм.





Таким образом, R_z может быть любым. Показания вольтметра при подключении источника к A и B:

$$U_1 = U_0 \frac{R_{BC}}{R_x + R_{BC}}$$

Отсюда находим, что R_x = 3 кОм.

Аналогично, при подключении источника к точкам A и C:

$$U_2 = U_0 \frac{R_{BC}}{R_y + R_{BC}}$$

Отсюда находим, что R_y = 2 кОм.

Силы токов I_{AB} и I_{AC} определить не составляет труда:

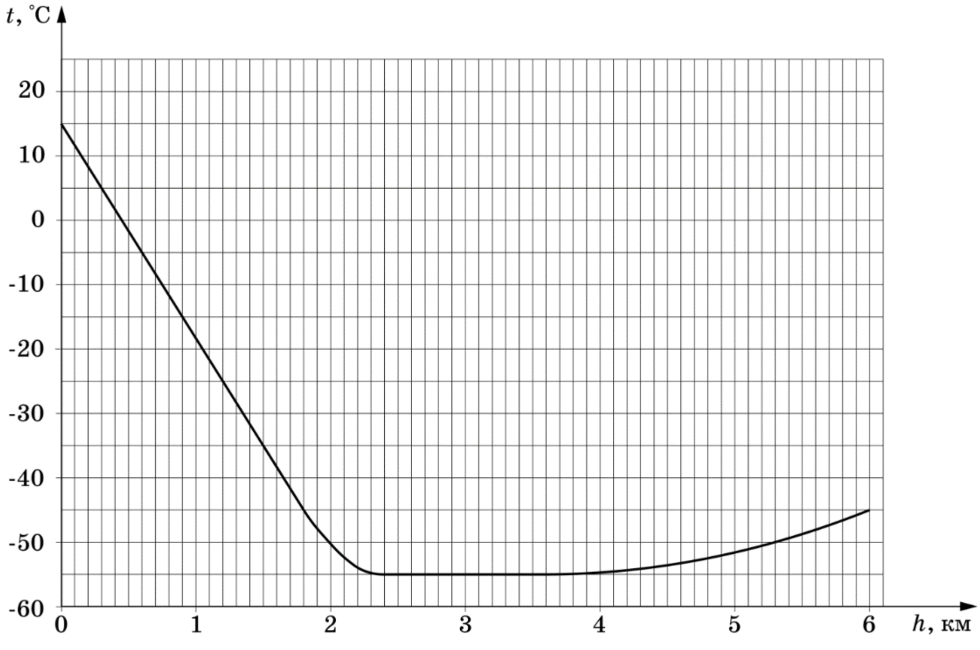
$$I_{AB} = \frac{U_0}{R_y} + \frac{U_0}{R_x + R_{BC}} = 7 мА$$

$$I_{AC} = \frac{U_0}{R_x} + \frac{U_0}{R_y + R_{BC}} = \frac{35}{6} мА$$

Критерии оценивания

1	Аргументированное объяснение произвольности номинала R_z	2 балла
2	Правильно найдено сопротивление R_{BC}	2 балла
3	Правильно найдено сопротивление R_x	2 балла
4	Правильно найдено сопротивление R_y	2 балла
5	Правильно найдена сила тока I_{AB}	1 балл
6	Правильно найдена сила тока I_{BC}	1 балл

Задача 4. На планете R19. В далеком космосе астронавты исследовали атмосферу планеты R19. Оказалось, что она очень похожа на атмосферу Земли: состоит из идеального газа с молярной массой μ = 28 г/моль и имеет схожую зависимость температуры от высоты (см. рис.). И даже ускорение свободного падения у поверхности R19 равно g = 9,9 м/с^2. Однако атмосферное давление на уровне моря отличается от земного. Оно равно p_0 = 500 кПа. Определите по этим данным, пренебрегая изменением g с высотой, давление p_1 и плотность ρ_1 на высоте h_1 = 1,0 км. Универсальная газовая постоянная R = 8,31 Дж/(моль·К).



Возможное решение

1) Заметим, что на участке от 0 до 2 км зависимость температуры от высоты линейная убывающая: $T = T_0 - \alpha h$. Из графика $\alpha = \left|\frac{\Delta T}{\Delta h}\right| = 33{,}3\,\frac{К}{км}$.

2) Получим зависимость $p(h)$.

При малом изменении высоты на Δh давление изменяется на $\Delta p = -\rho g \Delta h$, где плотность газа $\rho = \frac{p\mu}{RT}$. Тогда $\frac{\Delta p}{p} = -\frac{\mu g}{RT}\Delta h = \frac{\mu g}{RT}\frac{\Delta T}{\alpha}$.

Тогда связь между относительным изменением давления и относительным изменением температуры: $\frac{\Delta p}{p} = k\frac{\Delta T}{T}$, где $k = \frac{\mu g}{R\alpha} \approx 1$.

Это означает, что давление также линейно убывает с высотой и $\frac{\Delta p}{\Delta h} = -\rho g = const$.

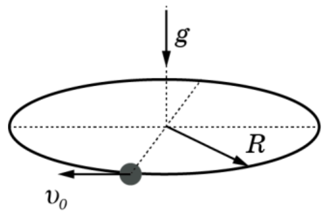
3) Таким образом, плотность атмосферы постоянна от 0 до 2 км: $\rho = \rho_0 = \frac{p_0 \mu}{R T_0} = 5{,}85$ кг/м^3.

4) Давление на высоте 1 км $p_1 = p_0 - \rho_0 g h = 442$ кПа.

Критерии оценивания

1	Для участка от 0 до 2 км найдено $\left\lvert\frac{\Delta T}{\Delta h}\right\rvert = 33{,}3 \frac{\text{К}}{\text{км}}$	1 балл
2	Записано выражение $\Delta p = -\rho g \Delta h$	1 балл
3	Записано выражение для плотности газа $\rho = \frac{p\mu}{RT}$	1 балл
4	Получено выражение для связи между относительными изменениями давления и температуры при малом изменении высоты: $\frac{\Delta p}{p} = k\frac{\Delta T}{T}$, где $k = \frac{\mu g}{R\alpha}$	2 балла
5	Вычислено $k \approx 1$	1 балл
6	Сделан вывод о том, что давление линейно убывает с высотой	1 балл
7	Сделан вывод о том, что плотность атмосферы постоянна от 0 до 2 км	1 балл
8	Вычислена плотность $\rho = 5{,}85$ кг/м^3	1 балл
9	Вычислено давление на высоте 1 км: $p_1 = 442$ кПа	1 балл

Задача 5. Бусинка на кольце. На тонкое проволочное кольцо радиусом R свободно надета бусинка массой m. Кольцо неподвижно и расположено горизонтально в поле тяжести g. Коэффициент трения скольжения между бусинкой и кольцом равен μ. В начальный момент времени бусинка движется со скоростью υ_0.



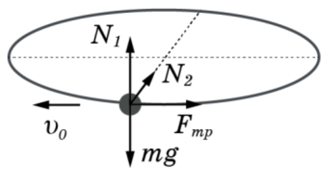
1) Найдите модуль силы трения, действующей на бусинку, в начальный момент времени.

2) Найдите модуль полного ускорения бусинки в этот же момент.

3) Запишите выражение, позволяющее с погрешностью не более 2% найти путь бусинки за время, в течение которого ее скорость уменьшилась на 1%.

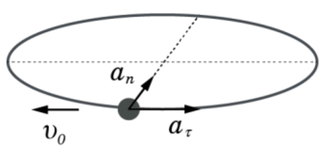
Возможное решение

1) Сила нормальной реакции опоры $\vec{N} = \vec{N}_1 + \vec{N}_2$, где $\lvert\vec{N}_1\rvert = mg$ – ее вертикальная составляющая, $\lvert\vec{N}_2\rvert = \frac{m v_0^2}{R}$ – горизонтальная составляющая в начальный момент времени. Сразу после начала движения модуль силы трения, действующей на бусинку, $F_{\text{тр}} = \mu N$, где $N = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$.



Окончательно, $F_{\text{тр}} = \mu m \sqrt{g^2 + \left(\frac{v_0^2}{R}\right)^2}$.

2) Полное ускорение бусинки $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$, где $a_n = \frac{v_0^2}{R}$ – нормальная составляющая ускорения в начальный момент времени, $a_\tau = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \mu\sqrt{g^2 + \left(\frac{v_0^2}{R}\right)^2}$ – тангенциальная составляющая. Сразу после начала движения модуль полного ускорения:



$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{(\mu g)^2 + (1+\mu^2)\left(\frac{v_0^2}{R}\right)^2}.$$

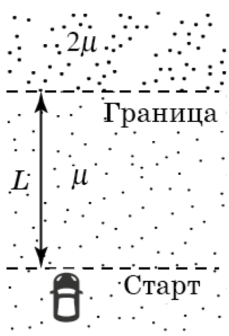
3) Необходимая точность будет обеспечена при использовании приближенных формул: $\Delta S = v_0 \Delta t$; $\Delta v = a_\tau \Delta t$, где ΔS – искомый путь, Δt – время после начала движения, за которое скорость бусинки уменьшилась на 1%.

Тогда $\Delta S = \frac{v_0 \Delta v}{a_\tau} = \frac{v_0^2 \cdot 10^{-2}}{a_\tau} = \frac{v_0^2}{\mu\sqrt{g^2 + \left(\frac{v_0^2}{R}\right)^2}} \cdot 10^{-2}$.

Критерии оценивания

1	Записано выражение для вертикальной составляющей силы нормальной реакции опоры $\left\|\vec{N}_1\right\| = mg$	1 балл
2	Записано выражение для горизонтальной составляющей силы нормальной реакции опоры $\left\|\vec{N}_2\right\| = \frac{mv_0^2}{R}$	1 балл
3	Получено выражение для силы трения $F_{\text{тр}} = \mu m \sqrt{g^2 + \left(\frac{v_0^2}{R}\right)^2}$	1 балл
4	Записано выражение для модуля полного ускорения $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$	1 балл
5	Записано выражение для нормальной составляющей ускорения $a_n = \frac{v_0^2}{R}$	1 балл
6	Получено выражение для тангенциальной составляющей ускорения $a_\tau = \mu\sqrt{g^2 + \left(\frac{v_0^2}{R}\right)^2}$	1 балл
7	Записаны приближенные формулы $\Delta S = v_0 \Delta t$; $\Delta v = a_\tau \Delta t$ (по 1 баллу за каждую формулу)	2 балла
8	Получен ответ в виде $\Delta S = \frac{v_0 \Delta v}{a_\tau}$	1 балл
9	Получено конечное выражение для ответа $\Delta S = \frac{v_0^2}{\mu\sqrt{g^2 + \left(\frac{v_0^2}{R}\right)^2}} \cdot 10^{-2}$	1 балл

11 КЛАСС



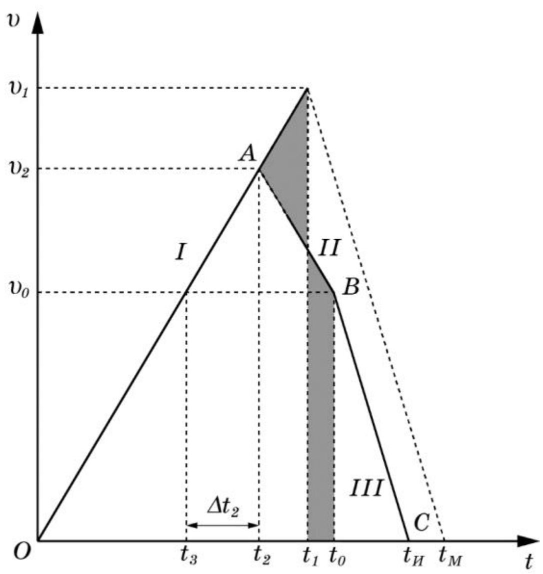
Задача 1. Испытания автомобиля. Плоский горизонтальный полигон для испытания гоночных автомобилей имеет два участка с разным покрытием. По условиям испытаний автомобиль должен проехать по прямой расстояние L от линии старта до линии границы между участками в одном направлении, стартуя с нулевой начальной скоростью (см. рисунок). После пересечения линии границы автомобиль должен остановиться. Коэффициент трения на первом участке равен μ, а на втором 2μ. За какое минимальное время $t_И$ автомобиль может выполнить это испытание (от старта до полной остановки)? Какая при этом будет скорость v_0 у автомобиля при пересечении им линии границы участков? Нарисуйте график зависимости скорости автомобиля от времени, соответствующий вашему решению, и отметьте на нем момент прохождения автомобилем линии границы. Автомобиль полноприводный с неограниченной мощностью двигателя. Размерами машины по сравнению с L пренебречь.

Возможное решение

1. Если участок длиной L проехать максимально быстро (с максимально возможным ускорением $a = \mu g$), то скорость на линии границы будет $\upsilon_1 = \sqrt{2\mu g L}$, а время разгона $t_1 = \sqrt{\dfrac{2L}{\mu g}}$. При этом минимально возможное время торможения за линией границы составит $t_M - t_1 = \sqrt{\dfrac{L}{2\mu g}}$. Общее время испытания $t_M = \dfrac{3}{2}\sqrt{\dfrac{2L}{\mu g}} \approx 2{,}12\sqrt{\dfrac{L}{\mu g}}$.

2. Если пересекать линию границы со скоростью $\upsilon_0 < \upsilon_1$, то увеличится время достижения этой линии, но сократится время торможения за ней. Вопрос о конкуренции между этими изменениями времен требует дополнительного изучения.

3. Пусть на границе скорость $\upsilon_0 (\upsilon_0 < \upsilon_1)$, которая достигается за минимально возможное время t_0 при следующем характере движения: разгон с максимальным положительным ускорением $a = \mu g$ до такой скорости $\upsilon_2 > \upsilon_0$, при которой оставшегося пути хватит, чтобы сбросить эту скорость до заданной υ_0 при максимально возможном отрицательном ускорении $a_{ТОРМ} = -\mu g$. Данное утверждение иллюстрируется рисунком.



На рисунке участок I соответствует разгону с максимальным ускорением μg, участок II соответствует заблаговременному торможению (с максимальным ускорением -μg) от скорости υ_2 до скорости υ_0 на границе, участок III – торможению за линией границы с ускорением -$2\mu g$ до полной остановки в момент $t_И$. Отметим, что площади серых фигур равны (так как пути в первом движении до t_1 и во втором движении до t_0 равны L).
С помощью рисунка найдем зависимость t_0 от υ_0.

Первый раз скорость υ_0 достигается в момент $t_3 = \dfrac{\upsilon_0}{\mu g}$, к этому моменту пройден путь $S_1 = \dfrac{\upsilon_0^2}{2\mu g}$. Половина оставшегося до границы пути пройдена за время Δt_2, и $\dfrac{L - S_1}{2} = \upsilon_0 \Delta t_2 + \dfrac{\mu g \Delta t_2^2}{2} = \dfrac{L}{2} - \dfrac{\upsilon_0^2}{4\mu g}$.

Выразим $\Delta t_2 = \sqrt{\frac{\upsilon_0^2}{2\mu^2 g^2} + \frac{L}{\mu g}} - \frac{\upsilon_0}{\mu g}$, а полное время движения до границы: $t_0 = t_3 + 2\Delta t_2 = 2\sqrt{\frac{\upsilon_0^2}{2\mu^2 g^2} + \frac{L}{\mu g}} - \frac{\upsilon_0}{\mu g}$

4. Полное время испытания $t_и$, согласно условию задачи, равно $t_0 + t_т$, где $t_T = \frac{\upsilon_0}{2\mu g}$ – время торможения за линией финиша

$$t_И = t_0 + t_T = 2\sqrt{\frac{\upsilon_0^2}{2\mu^2 g^2} + \frac{L}{\mu g}} - \frac{\upsilon_0}{2\mu g}$$

Необходимо найти минимум данного выражения, варьируя его по υ_0.

Для упрощения исследования производной сделаем замены: $x = \frac{\upsilon_0}{2\mu g}; b = \frac{L}{\mu g}; t_И = \sqrt{8x^2 + 4b} - x$

x и b – по физическому смыслу положительны. Возьмём производную по x и приравняем её нулю: $0 = \frac{16x}{2\sqrt{8x^2 + 4b}} - 1 \Rightarrow \sqrt{8x^2 + 4b} = 8x \Rightarrow 8x^2 + 4b = 64x^2 \Rightarrow 56x^2 = 4b$

Возвращаясь к старым переменным: $56\frac{\upsilon_0^2}{4\mu^2 g^2} = 4\frac{L}{\mu g} \Rightarrow \upsilon_0^2 = \frac{2}{7}\mu g L \Rightarrow \upsilon_0 = \sqrt{\frac{2}{7}\mu g L}$

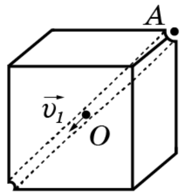
Тогда $t_И = 2\sqrt{\frac{2L}{14\mu g} + \frac{L}{\mu g}} - \sqrt{\frac{L}{14\mu g}} = \sqrt{\frac{7L}{2\mu g}} \approx 1{,}87\sqrt{\frac{L}{\mu g}}$

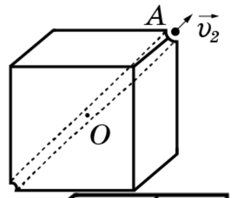
Критерии оценивания

1	Представлен график зависимости скорости от времени, позволяющий обосновать алгоритм движения автомобиля (достаточно присутствия на графике точек OABC)	2 балла
2	Предложен алгоритм движения на участке длиной L, обеспечивающий минимальное время его прохождения при заданной скорости υ_0 на границе	2 балла
3	Получена зависимость минимального времени прохождения участка длиной L от заданной скорости на линии границы:	
	а) правильно записаны кинематические соотношения	1 балл
	б) получен результат в виде функции $t_0(\upsilon_0)$	1 балл
4	Получено выражение для полного времени испытания как функция скорости на линии границы	1 балл
5	Проведен анализ полученного выражения на минимум	1 балл
6	Получен ответ для минимального времени испытания	1 балл
7	Получен ответ для скорости на линии границы, при которой реализуется минимальное время испытания	1 балл

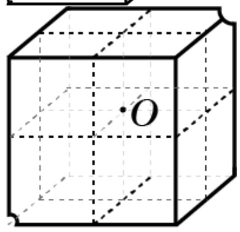
Задача 2. Кубическая планета. На планете в форме куба из однородного материала вдоль большой диагонали высверлили узкий прямой гладкий канал. Если маленький шарик отпустить без начальной скорости из точки А (вершина куба), его скорость в момент прохождения центра куба (точка О) будет равна υ_1.

Какую минимальную скорость υ_2 нужно сообщить шарику при запуске в космос из точки А, чтобы он мог покинуть поле тяготения планеты? Атмосферы у планеты нет.





Возможное решение



Исходный куб можно составить из восьми кубиков с ребром вдвое меньшего размера (см. рисунок). По аналогии с электростатикой введем гравитационный потенциал φ, который в вершине любого однородного куба будет прямо пропорционален его массе и обратно пропорционален линейным размерам с одним и тем же коэффициентом пропорциональности. Пусть длина ребра и масса малого кубика равны соответственно b и m, а гравитационный потенциал в его центре равен φ_0. Тогда $\varphi_0 = -k\frac{m}{b} = -k\frac{\rho b^3}{b} = -k\rho b^2$, (1)

где k – некоторый размерный коэффициент, а ρ – плотность планеты. Здесь мы учли, что энергия гравитационного взаимодействия отрицательна, если за нулевой уровень принять энергию на бесконечности.

Потенциал в центре большого куба из принципа суперпозиции $\varphi_1 = 8\varphi_0$, а потенциал в его вершине по аналогии с (1) $\varphi_2 = -k\frac{\rho(2b)^3}{2b} = -4k\rho b^2 = 4\varphi_0$.

Из закона сохранения энергии следует:

$$\cancel{\begin{cases} m\varphi_2 = m\varphi_1 + \frac{mv_1^2}{2}; & (2) \\ m\varphi_1 + \frac{mv_2^2}{2} = 0. & (3) \end{cases}} \qquad \begin{cases} m\varphi_2 = m\varphi_1 + \frac{mv_1^2}{2}; & (2) \\ m\varphi_2 + \frac{mv_2^2}{2} = 0. & (3) \end{cases}$$

Из системы уравнений (2) и (3) следует:

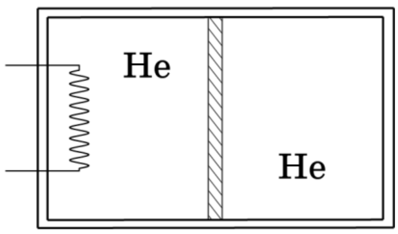
$$\cancel{\begin{cases} v_1^2 = 2(\varphi_2 - \varphi_1) = -8\varphi_0; \\ v_2^2 = -2\varphi_1 = -16\varphi_0. \end{cases}} \qquad \begin{cases} v_1^2 = 2(\varphi_2 - \varphi_1) = -8\varphi_0; \\ v_2^2 = -2\varphi_1 = -8\varphi_0. \end{cases}$$

Окончательно получим $\cancel{v_2 = \sqrt{2}v_1}$. $v_2 = v_1$.

Критерии оценивания

1	Идея разбиения куба на 8 кубиков вдвое меньшего размера	3 балла
2	Установлена связь потенциала в центре куба с потенциалом в вершине кубика вдвое меньшего по размеру $\varphi_1 = 8\varphi_0$	2 балла
3	Доказано, что при увеличении размера куба в 2 раза при сохранении плотности потенциал в его вершине увеличивается в 4 раза: $\varphi_2 = 4\varphi_0$	2 балла
4	Записана система уравнений из закона сохранения энергии для скоростей и потенциалов	2 балла
5	Обоснованно получен верный ответ для скорости в вершине куба	1 балл

Задача 3. Сосуд с поршнем. Теплоизолированный цилиндрический сосуд разделён на две части не проводящим тепло поршнем, который может перемещаться без трения. В начальный момент в левой и правой частях сосуда находится по одному молю гелия при одинаковой температуре. В левую часть сосуда подвели тепло с помощью нагревателя. При этом температура гелия в ней



увеличилась на **малую величину** ΔT. Определите изменение температуры ΔT_2 в правой части сосуда и количество теплоты Q, переданное нагревателем.

Возможное решение

Запишем уравнения Менделеева – Клапейрона для 1 моль газа, находящегося в начальном и в конечном состоянии:

$$\{P_0 V = \mathrm{RT}_0| \quad \{P_1(V+\Delta V) = R(T_0+\Delta T)|$$

Здесь учтено, что давление в левой и правой частях всегда (при равновесном процессе) одинаково, а суммарный объём частей не изменяется.

Составим пропорцию из уравнений для конечного состояния:

$$\frac{(V+\Delta V)}{(V-\Delta V)} = \frac{(T_0+\Delta T)}{(T_0+\Delta T_2)}$$

$$(V+\Delta V)(T_0+\Delta T_2) = (V-\Delta V)(T_0+\Delta T)$$

$$\mathrm{VT}_0 + V\Delta T_2 + T_0\Delta V = \mathrm{VT}_0 + V\Delta T - T_0\Delta V \qquad (1)$$

$$2\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T_0} - \frac{\Delta T_2}{T_0}$$

При раскрытии скобок мы пренебрегаем малыми величинами второго порядка $\Delta V\Delta T$и $\Delta V\Delta T_2$.

Запишем первое начало термодинамики для процессов в цилиндре:

$$\left\{Q = A + \Delta U_{\text{ЛЕВ}} = A + \frac{3}{2}R\Delta T\right| \qquad (2)$$

Здесь учтено, что процесс в правой части сосуда адиабатный, а суммарная работа в системе равна нулю.

Для малых изменений объёма и давления работу можно представить в виде: $A = P_0\Delta V$, что даёт нам вместе с условием на адиабатный процесс (2):

$$0 = -P_0\Delta V + \frac{3}{2}R\Delta T_2 \Rightarrow \Delta V = \frac{3}{2}\frac{R\Delta T_2}{P_0} \Rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \frac{3}{2}\frac{R\Delta T_2}{P_0 V} \Rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \frac{3}{2}\frac{R\Delta T_2}{\mathrm{RT}_0} = \frac{3}{2}\frac{\Delta T_2}{T_0}$$

Подставляем эту связь в уравнение (1)

$$3\frac{\Delta T_2}{T_0} = \frac{\Delta T}{T_0} - \frac{\Delta T_2}{T_0} \Rightarrow \Delta T_2 = \frac{\Delta T}{4}.$$

$$A = \frac{3}{2}R\frac{\Delta T}{4}$$

Тогда

$$Q = \frac{3}{2}R\Delta T + \frac{3}{2}R\frac{\Delta T}{4} = \frac{15}{8}R\Delta T$$

Критерии оценивания

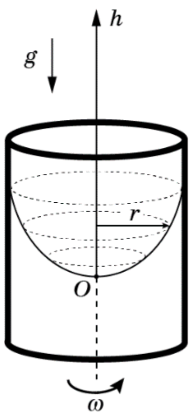
1	Записаны уравнения для начального и конечного состояний газа в правой и левой части сосуда	1 балл
2	В уравнениях состояния учтено равенство давлений и связь изменений объёмов	1 балл
3	Получено выражение (1)	2 балла
	а) Если выражение (1) получено, а уравнения состояния не писались (сразу была написана пропорция) за пп.1 – 3 ставится 4 балла	
	б) Выражение (1) может быть записано в виде $2T_0\Delta V = V(\Delta T - \Delta T_2)$	

с) Если в процессе получения выражения (1) малыми величинами второго порядка не пренебрегли, ставится полный балл

4	Записаны выражения для I начала термодинамики в данных процессах а) Важно, чтобы в данных выражениях присутствовал факт адиабатного процесса в правой части и равенство работ газов (с противоположным знаком). Баллы ставятся именно за эти факты! б) Вместо двух выражений может быть записан один закон для системы в целом: $Q = \frac{3}{2}R\Delta T + \frac{3}{2}R\Delta T_2$	2 балла
5	Записано выражение для работы при малом изменении объема и давления	1 балл
6	Получена связь ΔV и ΔT_2: $\frac{\Delta V}{V} = \frac{3}{2}\frac{\Delta T_2}{T_0}$	1 балла
7	Определено изменение температуры ΔT_2	1 балл
8	Получено окончательное выражение для Q	1 балл

Задача 4. Айс. Вертикальный цилиндрический сосуд с водой, равномерно вращающийся вокруг своей оси с периодом T_0, быстро охлаждают, так что на поверхности появляется тонкая гладкая ледяная корка. На корку вблизи оси сосуда без начальной скорости помещают маленькую бусинку, которая может без трения скользить по поверхности. Найдите период T ее малых колебаний.

Возможное решение



Равновесная форма поверхности воды во вращающемся сосуде определяется уравнением $\rho g h = \frac{1}{2}\rho\omega^2 r^2$, где ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения, h – высота, на которой находится участок поверхности, $\omega = \frac{2\pi}{T_0}$ – угловая скорость вращения, а r – расстояние от оси вращения до рассматриваемого участка.

Потенциальная энергия бусинки на корке $E_{пот} = mgh = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2$ совпадает с потенциальной энергией деформированной пружины $E_{пот} = \frac{1}{2}kr^2$ жесткостью $k = m\omega^2$. Период колебаний соответствующего маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{2\pi}{\omega} = T_0$.

Критерии оценивания

1	Получена зависимость $h(r)$	2 балла
2	Записано выражение для связи угловой скорости с периодом	1 балл
3	Записано выражение для потенциальной энергии бусинки на корке через r	2 балла
4	Записано выражение для жесткости k данной колебательной системы	2 балла
5	Записано выражение для периода колебаний пружинного маятника	11 балл
6	Обоснованно получен ответ $T = T_0$	2 балла

Задача 5. Остановка частицы в магнитном поле. Маленькая частица с положительным зарядом q движется в однородном магнитном поле с индукцией B в вязкой среде. Сила сопротивления среды, действующая на частичку, прямо пропорциональна ее скорости. В начальный момент времени импульс частицы равнялся p_0 и был направлен перпендикулярно линиям индукции. Вектор

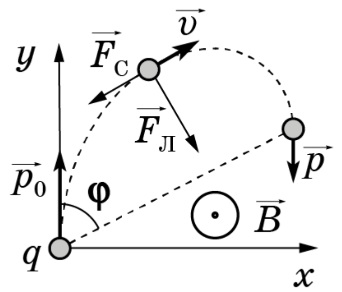
перемещения частицы к моменту, когда скорость частицы впервые оказалась противонаправлена начальной скорости, составляет острый угол φ с вектором $\overrightarrow{p_0}$.

1) Какой путь прошла частица до остановки?

2) Чему равен модуль перемещения частицы до остановки?

Силой тяжести пренебречь.

Возможное решение



Выберем начало координат в т. А, направим ось y по направлению вектора скорости частицы в т. А, а ось x – перпендикулярно $\overrightarrow{v_0}$ и $\vec{B}$ так, чтобы в начальный момент времени сила Лоренца действовала в положительном направлении оси x. Пусть b – коэффициент пропорциональности в зависимости силы сопротивления от скорости частицы $\vec{F}_c = -b\vec{\upsilon}$

Уравнение движения частицы в проекции на координатные оси выглядит так

$$\begin{cases} ma_x = qB\upsilon_y - b\upsilon_x \\ ma_y = -qB\upsilon_x - b\upsilon_y \end{cases}$$

Сделаем замены $\frac{qB}{m} = k$ и $\frac{b}{m} = \alpha$, и для малого интервала времени Δt $a_x = \frac{\Delta\upsilon_x}{\Delta t}; a_y = \frac{\Delta\upsilon_y}{\Delta t}$

Тогда

$$\begin{cases} \frac{\Delta\upsilon_x}{\Delta t} = k\upsilon_y - \alpha\upsilon_x \\ \frac{\Delta\upsilon_y}{\Delta t} = -kB\upsilon_x - \alpha\upsilon_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta\upsilon_x = k\upsilon_y\Delta t - \alpha\upsilon_x\Delta t = k\Delta y - \alpha\Delta x \\ \Delta\upsilon_y = -k\upsilon_x\Delta t - \alpha\upsilon_y\Delta t = -k\Delta x - \alpha\Delta y \end{cases}$$

Здесь Δx и Δy – изменение координат частицы за малый промежуток времени Δt. Суммируя изменения проекций скорости и координат частицы за произвольное время от начала движения, получим

$$\begin{cases} v_x = ky - \alpha x \\ v_y - v_0 = -kx - \alpha y \end{cases}$$

В точке C вектор скорости частицы антипараллелен $\overrightarrow{v_0}$ и $v_x = 0$. Отсюда $ky = \alpha x$ и $\frac{x}{y} = \frac{k}{\alpha} = tg\varphi$, $\alpha = kctg\varphi$.

Сила Лоренца действует перпендикулярно скорости и изменение модуля скорости частицы определяется только силой сопротивления. Поэтому

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = -\alpha v$$
$$\Delta v = -\alpha v\Delta t = -\alpha\Delta s,$$

где Δs – расстояние, пройденное за Δt. Суммируя обе части уравнения за произвольное время движения, получаем

$v - v_0 = -\alpha s$,

$v_0 = \alpha S = kSctg\varphi,$

$S = \frac{mv_0 tg\varphi}{qB}$.

Здесь S – расстояние, пройденное частицей от начала движения до момента остановки. Пусть координаты точки *O* (точки остановки) x_0, y_0. Так как в этой точке $v_x = 0$, $y_0 = x_0 ctg\varphi$.

$$v_y - v_0 = -v_0 = -kx_0 - \alpha y_0 = -kx_0(1 + ctg^2\varphi) = -\frac{kx_0}{sin^2\varphi}$$

$$x_0 = \frac{mv_0}{qB} sin^2\varphi$$

Расстояние от начальной точки до точки остановки

$$AO = l = \frac{x_0}{sin\varphi} = \frac{mv_0}{qB} sin\varphi$$

Критерии оценивания

1	Записан второй закон Ньютона для проекций на координатные оси	1 балл
2	Переход от уравнений п.1 к уравнениям, связывающим изменение проекций скорости с координатами частицы	1 балл
3	Использование уравнений п.2 для определения коэффициента α	2 балла
4	Второй закон Ньютона в проекциях на направление движения частицы	1 балл
5	Получено выражение для связи изменения модуля импульса частицы с пройденным расстоянием	1 балл
6	Верный результат для S	1 балл
7	Получены уравнения для координат точки остановки частицы	1 балл
8	Определены координаты точки остановки и расстояние АС	2 балла

Приложения Ж

Олимпиада им. Дж. Кл. Максвелла. Региональный этап. Экспериментальный тур

7 КЛАСС

Задание 1. Стержень в шприце. Внутри одного из выданных вам шприцев находится металлический стержень длиной *L* = 45 мм.

Определите внутренний диаметр *D* шприца, диаметр *d* стержня и плотность *ρ* материала, из которого изготовлен стержень.

Внимание! Разбирать шприцы запрещается.

Приборы и оборудование.

1. Шприц 20 мл (2 шт. одинаковых).
2. Металлический стержень (в одном из шприцев).
3. Весы электронные.
4. Пластиковый стакан, заполненный водой примерно наполовину.
5. Бумажные салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте.

Задание 2. Скатывание шарика. На наклонном жёлобе (алюминиевый уголок), начиная от его нижнего конца, фломастером нанесены отметки N_i через каждые 15 см. На 5 см ниже каждой из этих отметок нанесены другие отметки n_i. Нижний конец жёлоба касается упора (деревянного бруска).

Запустите без начальной скорости металлический шарик от отметки N_i и включите секундомер в тот момент, когда шарик прокатывается мимо отметки n_i. Остановите секундомер в момент соприкосновения шарика с упором. Повторите эксперимент для каждой из отметок N_i не менее 5 раз. Усредните результат.

Заполните таблицу.

L, см						
t_1, с						
t_2, с						
t_3, с						
t_4, с						
t_5, с						
$t_{ср.}$, с						
$\upsilon_{ср}$, см/с						

Постройте график зависимости $\upsilon_{ср.i}$ от $t_{ср.i}$.

Определите скорость, которую достигает шарик, преодолев из состояния покоя участок длиной 5 см.

Оборудование: Алюминиевый уголок, закреплённый одним концом в коробке; деревянный брусок (упор); секундомер; миллиметровая бумага формата (А5) для построения графика.

8 КЛАСС

Задание 1. Усилитель. С помощью выданного вам оборудования определите с точностью не хуже 0,001 г среднюю массу одного зёрнышка: а) проса; б) риса; в) гречки. Вычислите массу чернил в линии (длиной 1м), нарисованной гелевой ручкой.

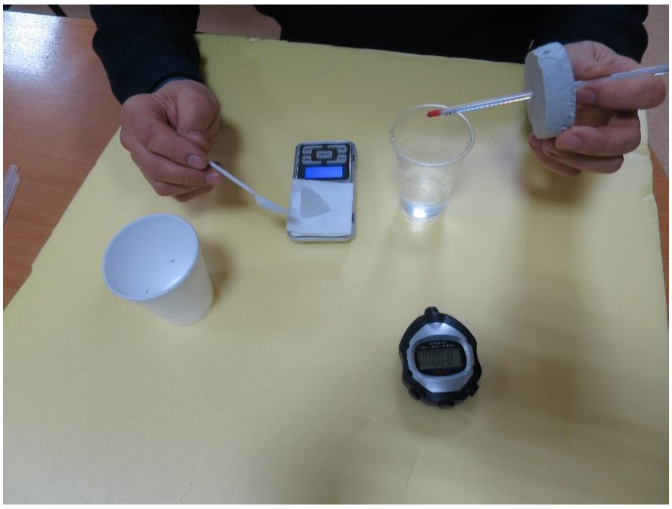
Оборудование: весы электронные; деревянная линейка (длиной 50 см); короткий круглый карандаш длиной 4 – 5 см; штатив с муфтой и лапкой; по 30 зёрнышек риса, проса и гречки; гелевая ручка, три листа бумаги А4.

Задание 2. Лёд в стакане. Количество теплоты, передаваемое в единицу времени от нагретого тела к холодному, прямо пропорционально разности температур между этими телами (Закон Ньютона – Рихмана): $Q=\alpha\left(t_2-t_1\right)\tau$, где α – коэффициент теплопередачи, τ – время теплопередачи, t_1 – температура холодного тела, t_2 – нагретого тела.

Определите коэффициенты теплопередачи α_1 и α_2 от воздуха в комнате к 50 г воды, имеющей температуру $0^\circ C$, в тонкостенном пластиковом стакане (α_1) и в стакане из пенопласта (α_2).

Оборудование: термометр, пластиковый стакан и стакан из пенопласта, крышка с отверстием под термометр, секундомер, одноразовые тарелка и ложечка, весы, салфетки, вода, лёд (по требованию); миллиметровая бумага (для построения графиков).

Задание. Возьмите тонкостенный пластиковый стакан, налив в него воды (приблизительно 40 г) и охладите её до температуры не более $(2\div3)\ ^\circ C$. Опустите в охлаждённую воду кусочек льда. Каждые две минуты быстро взвешивайте кусочек льда, положив предварительно на весы толстый слой салфетки. Перед каждым взвешиванием обнуляйте показания весов. Зафиксируйте массу воды, остающейся на салфетке после каждого взвешивания.



Повторите эксперимент со вторым стаканом.

Постройте графики зависимости массы воды, переходящей из твердого состояния в жидкое внутри стакана, от времени для каждого из стаканов.

На основе полученных графиков определите коэффициенты теплопередачи α_1 и α_2.

Проведите ещё раз эксперимент с пенопластовым стаканом, первый раз взвесив лёд через 2 – 3 минуты после его погружения в стакан и второй раз ещё через 15 минут.

Вычислите коэффициент теплопередачи α_{22} в данном случае.

Если расхождение между α_2 и α_{22} превышает 20%, объясните причину этого расхождения.

Примечание. Выданный вам лёд может иметь отрицательную температуру, что скажется на характере начального участка полученной зависимости.

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330\,000$ Дж/кг.

9 КЛАСС

Задание 1. Гидроящик. Внутри шарика находятся вода и металлический цилиндр (воздух удален). Развязывать или рвать шарик запрещено. (**При нарушении этого пункта за данное задание ставится ноль баллов**).

Массой и объемом стенок шарика можно пренебречь. Плотность воды $\rho = 1\,000$ кг/м^3.

Определите массу $m_ц$ металлического цилиндра, находящегося в шарике, и массу $m_в$ воды в шарике.

Оборудование: шарик с водой и металлическим цилиндром, стакан с водой, нитка, линейка, дополнительный груз массы $m = (50 \pm 1)$ г, штатив со стержнем.

Задание 2. Нагревание батарейки. В этой задаче вам предстоит исследовать, как изменяется напряжение на батарейке при её нагреве (охлаждении).

Оборудование: две одинаковые батарейки АА; мультиметр; монтажные провода; «крокодилы» для соединения проводов; термостойкий пакет; ёмкость для воды; нитка; горячая вода (по требованию); термометр; миллиметровая бумага формата А5 (для построения графиков).

Немного теории. Напряжение на батарейке зависит от температуры: $U(T) = U_0 + \Delta U$, где U_0 – напряжение при комнатной температуре. При планировании эксперимента учтите, что изменение напряжения мало по сравнению с U_0.

Задание.

1. Измерьте U_0.
2. Измерьте зависимость ΔU от температуры.
3. Постойте график измеренной зависимости $U(T)$.
4. Предложите функцию, описывающую зависимость ΔU от температуры. Определите параметры предложенной функции.
5. Возрастает или уменьшается напряжение при росте температуры?

Примечания.

Батарейки не должны непосредственно контактировать с водой и не должны быть мокрыми. Используйте пакет.

10 КЛАСС

Задача 1. «Серый» ящик. В «сером» ящике находится электрическая цепь, схема которой представлена на рис. 1. Цепь состоит из двух резисторов R_1 и R_2 ($R_1 > R_2$) и трёх разноцветных проводов, выведенных наружу.

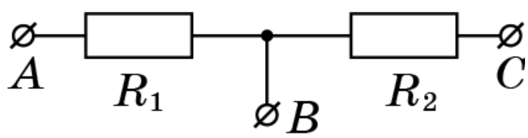


Рис.1. Схема цепи в «сером» ящике

Определите сопротивление резисторов R_1 и R_2 и укажите цвет проводов, присоединенных к каждому из резисторов, а также к средней точке цепи.

Примечание: выданный вам источник питания постоянного тока (далее Источник) содержит батарейку, напряжение которой U, и включенный последовательно с ней резистор сопротивлением r = 1000 Ом (рис.2).

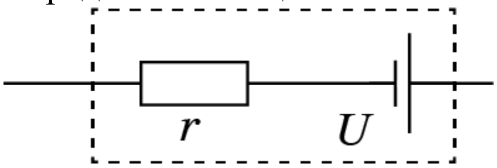


Рис.2. Схема источника постоянного тока

Оборудование: серый ящик, вольтметр, источник.

Задание 2. Теплоёмкость резистора

С помощью выданного оборудования определите:

1) зависимость мощности тепловых потерь от температуры резистора (постройте график).

2) теплоёмкость резистора.

Оборудование: резистор сопротивлением R≈100Ом, стакан, регулируемый источник постоянного напряжения (далее Источник), два мультиметра, термопара, секундомер, соединительные провода, зажим типа «крокодил», миллиметровая бумага (для построения графиков).

Примечание. Один из мультиметров используйте в качестве вольтметра, второй (с термопарой) – для измерения температуры.

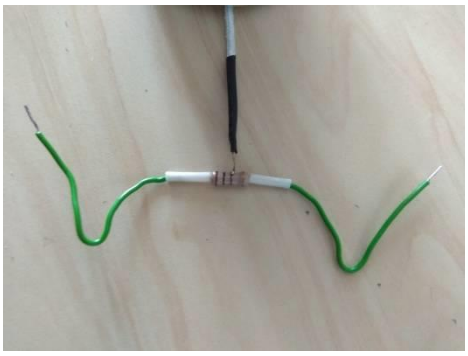
<u>Подготовка электрической части установки</u>

1) Изучите механизм регулировки выходного напряжения Источника.

2) В этом эксперименте **запрещается** устанавливать напряжение более **6**В! Если резистор «сгорит», вы получите 0 баллов за данное задание.

<u>Подготовка тепловой части установки</u>

1.Закрепите резистор на стакане при помощи присоединённых к нему проводов так, чтобы он располагался по центру стакана, как показано на фото слева.



2. Присоедините резистор при помощи проводов к клеммам Источника (параллельно вольтметру).

3. Подключите термопару ко второму мультиметру. Установите ручку мультиметра на указатель «TEMP» (режим измерения температуры по шкале Цельсия). Мультиметр должен показать комнатную температуру. Бережно обращайтесь со спаем термопары – он достаточно хрупкий.

4. При помощи зажима типа «крокодил» закрепите термопару так, чтобы её спай плотно соприкасался с поверхностью резистора (как на фото справа). **В ходе эксперимента резистор и спай нельзя перемещать!**

11 КЛАСС

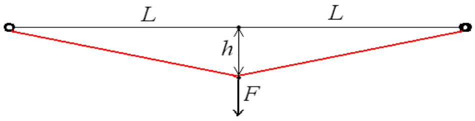


Рис. 1

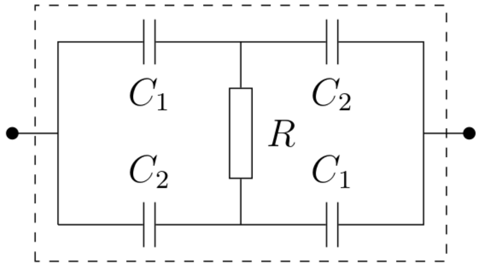
Задача 1. Гук или не Гук? Три банковских резинки соединены последовательно друг с другом в цепочку, которая натянута силой T_0 до длины $2L$ и прикреплена к планке. Если к середине цепочки приложить поперечную силу F, то точка приложения этой силы сместится на некоторое расстояние h, называемое стрелой прогиба (рис.1).

1) Снимите зависимость h от F.

2) На основе полученных данных графическим методом определите коэффициент жёсткости k цепочки и силу T_0 её начального натяжения.

Оборудование: цепочка из банковских резинок, закреплённая на планке; две канцелярские клипсы; большая скрепка массой 1,7г; линейка; кусочек скотча; шесть одинаковых грузов (гаек) массой (10,0±0,5) г; лист миллиметровой бумаги формата А5 (для построения графика).

Задание 2. «Серый» ящик с конденсаторами. В выданном вам «сером ящике» находятся резистор сопротивлением R и четыре конденсатора емкостями C_1 и C_2, соединенные так, как показано на схеме. Перед туром конденсаторы проходили «тренировку» – в течение нескольких часов находились под напряжением 10 В.



Определите значение емкостей C_1 и C_2.

Приборы и оборудование: «серый» ящик, эталонный конденсатор емкости $C_0 = (1,0 \pm 0,2)$ мФ, источник питания, мультиметр, зажим типа «крокодил».

Примечание: 1) вывод серого ящика, помеченный знаком «–», допустимо соединять только с «минусом» батарейки, а положительный вывод эталонного конденсатора C_0 – с «плюсом» батарейки.

СОДЕРЖАНИЕ

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ЭТАПОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ В 2019/2020 УЧЕБНОМ ГОДУ

Методические рекомендации

Составители:
С. В. Кутняк, директор
М. В. Корнишина, методист центра олимпиадного движения
Республики Мордовия ГБУ ДПО РМ «ЦНППМ «Педагог 13.ру»

Редакторы-корректоры
Л. Ломакина, М. Живова

Печать способом ризографии
Тираж 500 экз.
Цена договорная

Отпечатано с оригинала-макета
в ГБУ ДПО РМ «ЦНППМ «Педагог 13.ру»
430027, г. Саранск, ул. Транспортная, 19