ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ В 2018/2019 УЧЕБНОМ ГОДУ ПО ФИЗИКЕ

А.А. Воронов

М.Ю. Замятнин

В.П. Слободянин

Москва 2018

Содержание

Введение

Настоящие методические рекомендации подготовлены Центральной предметно-методической комиссией по физике и адресованы региональным предметно-методическим комиссиям, жюри школьного и муниципального этапов всероссийской Олимпиады школьников.

В методических рекомендациях определяется порядок проведения олимпиад по физике, требования к структуре и содержанию олимпиадных заданий, приводятся возможные источники информации для подготовки задач, а также рекомендации по оцениванию решений участников олимпиад.

Центральная предметно-методическая комиссия по физике выражает надежду, что представленные методические рекомендации окажутся полезными при проведении школьного и муниципального этапов всероссийской Олимпиады по физике, и желает успехов организаторам в его проведении.

Методические рекомендации для школьного и муниципального этапов всероссийской Олимпиады школьников по физике в 2018/2019 учебном году утверждены на заседании Центральной предметно-методической комиссии по физике (протокол № 10 от 27.06.2018).

Председатель Центральной предметно-методической комиссии по физике — А.А. Воронов

1. Общие положения

Основными целями и задачами школьного и муниципального этапов Олимпиады по физике являются:

- повышение интереса школьников к занятиям физикой;
- более раннее привлечение школьников, одарённых в области физики, к систематическим внешкольным занятиям;
- выявление на раннем этапе способных и талантливых учеников в целях более эффективной подготовки национальной сборной к международным олимпиадам, в том числе к естественнонаучной олимпиаде юниоров IJSO;
- стимулирование всех форм работы с одаренными детьми и создание необходимых условий для поддержки одарённых детей;
- выявление и развитие у обучающихся творческих способностей и интереса к научно-исследовательской деятельности в области физики, в том числе в области физического эксперимента;
- популяризация и пропаганда научных знаний.

2. Характеристика содержания школьного и муниципального этапов Олимпиады по физике

2.1 Всероссийская олимпиада школьников по физике начинается со школьного этапа. Этот этап самый массовый и открытый. В нем на добровольной основе могут принимать индивидуальное участие **все желающие** школьники 5-11 классов организаций, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам основного общего и среднего общего образования. Любое ограничение списка участников по каким-либо критериям (успеваемость по различным предметам, результаты выступления на олимпиадах прошлого года и т.п.) является нарушением Порядка проведения Всероссийской олимпиады школьников и категорически **запрещается**.

2.2 Муниципальный этап – является вторым этапом Всероссийской олимпиады школьников по физике. В нем на добровольной основе могут принимать индивидуальное участие школьники 5-11 классов организаций, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам основного общего и среднего общего образования.

2.3 Участники школьного и муниципального этапов Олимпиады вправе выполнять олимпиадные задания, разработанные для более старших классов по отношению к тем, в которых они проходят обучение. **В случае прохождения на последующие этапы Олимпиады, данные участники выполняют олимпиадные задания, разработанные для класса, который они выбрали на школьном и муниципальном этапах Олимпиады.**

2.4 Школьный и Муниципальный этапы проводится в один очный аудиторный тур в течение одного дня, общего для всех образовательных учреждений, подчиненных региональному органу, осуществляющему управление в сфере образования.

2.5 Школьный этап олимпиады не подразумевает проведение экспериментального тура и включает только теоретические задания.

2.6 В задание муниципального этапа олимпиады в обязательном порядке включают теоретические задачи. По решению организаторов **допускается** включение в комплект заданий одной экспериментальной задачи.

2.7 Комплекты задач составляются с учетом школьной программы по «накопительному» принципу. Они включают как задачи, связанные с теми разделами школьного курса физики, которые изучаются в текущем году, так и задачи по пройденным ранее разделам.

2.8 Индивидуальный отчёт с выполненным заданием участники сдают в письменной форме. **Дополнительный устный опрос не допускается**.

2.9 Олимпиада по физике проводится независимо в каждой из пяти возрастных параллелях для 7, 8, 9, 10 и 11 классов.

2.10 Во время школьного этапа участникам предлагается комплект, состоящий из: 3-4х задач для параллели 7-го класса, 4-х задач для 8-го класса, и 5-ти задач для каждого из 9 - 11 классов. Часть заданий может быть общей для нескольких возрастных параллелей, однако конкурс и подведение итогов должны быть отдельными.

2.11 Во время муниципального этапа участникам предлагается комплект, состоящий из 4-х задач для параллелей 7 и 8 класса, и 5-ти задач для каждого из 9 - 11 классов. Часть заданий может быть общей для нескольких возрастных параллелей, однако конкурс и подведение итогов должны быть отдельными.

2.12 Решение заданий проверяется жюри, формируемым организатором олимпиады.

2.13 Индивидуальный итоговый результат каждого участника подсчитывается как сумма полученных этим участником баллов за решение каждой задачи с учётом апелляции.

2.14 Окончательные результаты проверки решений всех 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 и в согласии с установленной квотой, жюри определяет победителей и призёров соответствующего этапа Олимпиады.

Разъяснение: *В соответствии с Порядком проведения ВСОШ (пункт 31 в новой редакции: "Жюри Олимпиады определяет победителей и призеров олимпиады на основании рейтинга по каждому общеобразовательному предмету и в соответствии с квотой, установленной организатором олимпиады соответствующего этапа»).* ***Только на заключительном этапе*** *олимпиады для получения дипломов победителей и призёров существует обязательная пятидесятипроцентная квота (участник должен набрать не менее 50 процентов от максимально возможного числа баллов по итогам оценивания выполненных олимпиадных заданий).*

2.15 На основе протоколов школьного этапа по всем образовательным учреждениям орган местного самоуправления устанавливает проходной балл - минимальную оценку на школьном этапе, необходимую для участия в муниципальном этапе.

2.16 На основе протоколов муниципального этапа по всем муниципальным образованиям, региональный орган определяет проходной балл - минимальную оценку на муниципальном этапе, необходимую для участия в региональном этапе.

2.17 Данный проходной балл устанавливается отдельно в возрастных параллелях 7, 8, 9, 10 и 11 классов и может быть разным для этих параллелей.

3. Принципы составления олимпиадных заданий и формирования комплектов олимпиадных заданий для школьного и муниципального этапов Олимпиады

Разработку заданий Олимпиады осуществляет соответствующими предметно-методическая комиссия.

Комплекты составляются с учетом школьной программы по принципу «накопленного итога». Они включают как задачи, связанные с теми разделами муниципального курса физики, которые изучаются в текущем году, так и задачи по пройденным ранее разделам (см. Приложение 1 настоящих рекомендаций).

При составлении комплектов заданий, важно руководствоваться следующими **общими принципами**:

- Олимпиады не должны мешать планомерному учебному процессу!!!
- Олимпиада не цель, а одно из средств процесса обучения, стимулирующая и вносящая в него элементы состязательности.
- Олимпиады должны выявлять талантливых и способных детей, а не учеников, у которых умудренные опытом учителя.

- Олимпиады не должны форсировать прохождение тем. Знаниям нужно дать возможность хоть немного «устояться». Тем самым, можно обеспечить минимальный запас времени для выравнивания сроков прохождения материала (в зависимости от нюансов используемой учителем программы).
- Из-за разнообразия существующих школьных программ по физике, в современных условиях невозможно предложить программу олимпиад, устраивающую всех.

Большое количество различных учебных программ создает известные сложности для разработчиков заданий Олимпиад по физике. В целях систематизации и обеспечения единообразия в тематике задач, для облегчения условий подготовки к олимпиадам, Центральная предметно-методическая комиссия разработала перечень тем для каждого этапа Олимпиады в каждом классе обучения (Приложение 1).

В предложенной программе представлены в основном содержательные темы (опираясь на которые, можно производить количественные расчеты).

4. Требования Центральной предметно-методической комиссии к комплектам заданий школьного и муниципального этапов олимпиады по физике

4.1 Самое существенное – **неукоснительно придерживаться приведенной в Приложении 1 программы** и не включать в комплекты заданий темы «на опережение» (задачи на темы, которые по программе будут изучаться в более поздний период или в старших классах). В противном случае усилия Центральной предметно-методической комиссии, огромного коллектива учителей и многих школьников, готовящихся к олимпиаде, будут сведены на нет. В результате, обучающиеся, положившиеся на методические рекомендации Центральной предметно-методической комиссии, и готовящиеся по темам, указанным в этих рекомендациях, с большой вероятностью окажутся за чертой призеров. Есть риск, что после подобной Олимпиады даже способные и талантливые ученики могут потерять интерес к физике вообще и к олимпиадам по физике в частности.

4.2 Олимпиада не должна носить характер контрольной работы. В задания следует включать задачи, выявляющие способности обучающихся применять полученные в школе знания, а не их объем. Не следует делать упор на математическую сложность вычислений в физических задачах.

4.3 В задании не должно быть задач с выбором варианта ответа.

4.4 Особое внимание при составлении комплекта задач Олимпиады надо обратить на применяемый математический аппарат, используемый в задачах, не имеющих альтернативных вариантов решения. Например, недопустимо в 7-х, 8-х классах использование понятий тригонометрии, квадратного корня; нежелательно использование стандартной формы записи числа (7 класс); экспоненты, логарифма и производная (до 11 класса включительно). Сроки изучения некоторых важнейших понятий из математики приведены в Приложении 1.

4.5 Задание должно содержать задачи различной сложности. Хотя бы две задачи должны быть доступны большинству участников. Уровень сложности задач муниципального этапа должен быть сложнее уровня школьной олимпиады.

4.6 Для облегчения решения некоторых задач учащимися 9-х, 10-х, 11-х классов и унификации оценивания решения, рекомендуется, если это возможно, задавать в рамках одной задачи несколько вопросов. В этом случае оценка решения получается суммированием баллов за ответы на каждый вопрос (но, не превышая 10 баллов).

4.7 Комплект заданий для каждого класса должен характеризоваться методической полнотой, быть сбалансированным, тематически разнообразным и как можно шире охватывать изученные темы. По мере прохождения тем, в зависимости от параллели, в задания необходимо включать задачи по механике, термодинамике и молекулярной физике, задачи на законы постоянного тока, по электромагнетизму, оптике.

4.8 Задания для 7-х и 8-х классов должны содержать задачи, не требующие большого объема объяснений и вычислений (в этом возрасте учащиеся не обладают достаточной культурой изложения хода своих рассуждений). Полезно включать задачи на перевод единиц, на вычисление плотности, на простейшие виды движения; в 8-х классах следует добавлять задачи на уравнение простого теплового баланса, закон Архимеда, задачи содержащие элементы статики.

4.9 Допустимо и даже желательно включение комбинированных задач, в рамках которых объединяются различные разделы школьной программы по физике.

4.10 Важна новизна задач. В случае, если задания выбираются из печатных изданий или из сети Интернет, методическая комиссия должна, по возможности, использовать источники, не известные участникам. Известные задачи следует перерабатывать (по крайней мере, изменять фабулу). Это, безусловно, требует аккуратности, так как есть риск, что окажутся выкинутыми важные, но незаметные на первый взгляд, части условия.

4.11 Не допустимы чисто качественные задачи, подразумевающие объяснения явлений, ввиду сложности объективного оценивания их отдельных этапов.

4.12 Составленный комплект должен соответствовать регламенту олимпиады.

4.13 При составлении комплекта нужно учитывать, что во время Олимпиады допускается использование участниками Олимпиады простого инженерного калькулятора, но недопустимо использование справочников, учебников и.т.п. **Все** необходимые для решения задач справочные данные должны быть приведены в тексте условия или в виде таблицы в конце всех условий, например, плотность воды, температура кипения воды и плавления льда, ускорение свободного падения и т.д. При необходимости, учащиеся могут быть обеспечены таблицами Менделеева.

4.14 Недопустимо использовать комплекты заданий прошлых лет. Это дискредитирует Олимпиаду.

Обзор основных тем олимпиады

1) **Системы единиц**. Участники Олимпиады должны уметь выражать одни физические величины через другие, иметь представление о точности измерений и погрешностях измерений, уметь приводить внесистемные единицы к единицам СИ.

2) **Задачи на механическое движение**. В младших классах решаются задачи на движение со скоростью, постоянной на отдельных участках пути. В 9-м классе рассматривается равноускоренное движение, в 10-м – добавляется движение в силовых полях. В 11-м появляется новый класс задач на колебательные движения (гармонические колебания).

3) **Термодинамика и молекулярная физика**. Изучение термодинамики начинается в 8-м классе на примере решения уравнений теплового баланса. Тогда же вводится понятие теплоемкости. Дальнейшее развитие этой темы происходит в 10-м классе, где изучаются газовые законы (на примере идеального газа).

4) **Электродинамика**. Изучение этой темы начинается в 8-м классе на примере законов постоянного тока, а затем развивается в 10-м, где проходится электростатика, магнитостатика и обучающиеся приступают к изучению законов электромагнитной индукции. После изучения механических колебаний школьники осваивают электромагнитные колебания.

5) **Оптика**. Этот раздел состоит из двух частей: геометрической и волновой оптики. В 8-м классе геометрическая оптика изучается быстро и поверхностно, поэтому следует избегать задач на применение закона преломления и с системами линз. Достаточно ограничиться плоскими зеркалами или задачами на построение изображений в тонких линзах.

Темы атомной и ядерной физики, специальной теории относительности и элементов квантовой физики (в силу их сложности и поверхностного изучения в школе) в олимпиадную программу не включаются.

Детальное содержание материалов Олимпиады по физике приведено в Приложении 1.

5. Описание необходимого материально-технического обеспечения для выполнения олимпиадных заданий

Школьный и муниципальный этапы Олимпиады по физике проводятся в аудиторном формате в один тур, и материальные требования для проведения олимпиады не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима. Школьный этап не предусматривает постановку каких-либо практических и экспериментальных задач (в том числе внеурочных, выполняемых вне школы) и его проведение не требует специфического оборудования и приборов. На муниципальном этапе допускается включение в комплект одной экспериментальной или псевдоэкспериментальной задачи (в условии приводятся экспериментальные данные, полученные организаторами, а участники олимпиады производят обработку результатов и последующие необходимые вычисления).

5.1 Тиражирование заданий осуществляется с учетом следующих параметров: листы бумаги формата А5 или А4, черно-белая печать 12 или 14 кеглем (каждый участник получает по одному листу с условиями задач). Задания должны тиражироваться без уменьшения.

5.2 Участник Олимпиады использует на туре свои письменные принадлежности, циркуль, транспортир, линейку, непрограммируемый калькулятор. Но, организаторы должны предусмотреть некоторое количество запасных ручек с пастой синего цвета и линеек на каждую аудиторию.

5.3 Каждому участнику олимпиады Оргкомитет должен предоставить тетрадь в клетку (для черновых записей предлагается использовать последние страницы тетради).

5.4 После начала тура участники Олимпиады могут задавать вопросы по условиям задач (**в письменной форме**). В этой связи у дежурных по аудитории должны быть в наличии листы бумаги для вопросов.

5.5 Для полноценной работы, членам жюри должно быть предоставлено отдельное помещение, оснащенное техническими средствами (компьютер, принтер, копировальный аппарат) с достаточным количеством бумаги и канцелярских принадлежностей (ножницы, степлер и несколько упаковок скрепок к нему, антистеплер, клеящий карандаш, скотч).

5.6 Каждый член жюри должен быть обеспечен ручкой с красной пастой.

6. Порядок проведения школьного и муниципального этапов Олимпиады

6.1 Порядок проведения туров

6.1.1. Перед началом тура дежурные по аудиториям напоминают участникам основные положения регламента (о продолжительности тура, о форме, в которой разрешено задавать вопросы, порядке оформления отчётов о проделанной работе, и т.д.).

6.1.2. Обучающимся в **7-х классах**, на школьном этапе предлагается решить 3-4 задачи, на выполнение которых отводится **2 урока**. Обучающимся в **8-х классах** предлагается решить 4 задачи, на выполнение которых отводится **2 урока**. Обучающимся в **9-х, 10-х, 11-х классах** предлагается решить 5 задач, на выполнение которых отводится **2,5 астрономических часа**.

6.1.3. Во время муниципального этапа обучающимся в **7-х и 8-х классах**, предлагается решить 4 задачи, на выполнение которых отводится **3 часа**. Обучающимся в **9-х, 10-х, 11-х классах** предлагается решить 5 задач, на выполнение которых отводится **3,5 астрономических часа**. Часть заданий может быть общей для нескольких возрастных параллелей, однако конкурс и подведение итогов должны быть отдельными.

6.1.4. Для выполнения заданий Олимпиады каждому участнику выдается тетрадь в клетку или специальные бланки со штрих-кодом (для черновых записей предлагается использовать последние страницы тетради, или обратную сторону бланков).

6.1.5. Участникам Олимпиады запрещено использование для записи решений ручки с красными чернилами.

6.1.6. Участники не вправе общаться друг с другом и свободно перемещаться по аудитории во время тура.

6.1.7. Члены жюри раздают условия участникам Олимпиады и записывают на доске время начала и окончания тура в данной аудитории.

6.1.8. Через 15 минут после начала тура участники Олимпиады могут задавать вопросы по условиям задач (в письменной форме). В этой связи у дежурных по аудитории должны быть в наличии листы бумаги для вопросов. Ответы на содержательные вопросы озвучиваются членами жюри для всех участников данной параллели. На некорректные вопросы или вопросы, свидетельствующие о том, что участник невнимательно прочитал условие, следует ответ «без комментариев».

6.1.9. Дежурный по аудитории напоминает участникам о времени, оставшемся до окончания тура за полчаса, за 15 минут и за 5 минут.

6.1.10. Участник Олимпиады обязан **до** истечения отведенного на тур времени сдать свою работу (тетради и дополнительные листы).

6.1.11. Участник может сдать работу досрочно, после чего должен незамедлительно покинуть место проведения тура.

6.2 Перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенной к использованию во время проведения Олимпиады

6.2.1. Во время туров участникам Олимпиады запрещено пользоваться какими-либо средствами связи.

6.2.2. Участникам Олимпиады запрещается приносить в аудитории свои тетради, **справочную литературу и учебники, электронную технику (кроме непрограммируемых калькуляторов).**

6.3 Методика оценивания выполнения олимпиадных заданий

6.3.1. По окончании Олимпиады работы участников кодируются, а после окончания проверки декодируются.

6.3.2. Жюри Олимпиады оценивает записи, приведенные **только** в чистовике. **Черновики не проверяются.**

6.3.3. Не допускается снятие баллов за «плохой почерк», за решение задачи нерациональным способом, не в общем виде, или способом, не совпадающим с предложенным методической комиссией.

6.3.4. **Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается.**

6.3.5. Критерии оценивания разрабатываются авторами задач и приводятся в решении. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок по данной задаче.

6.3.6. Если задача решена не полностью, а её решение не подпадает под авторскую систему оценивания, то жюри вправе предложить свою версию системы оценивания, которая должна быть согласована с разработчиками комплекта заданий.

6.3.7. **Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.**

6.3.8. Проверка работ осуществляется Жюри Олимпиады согласно стандартной методике оценивания решений:

Баллы	**Правильность (ошибочность) решения**
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).

5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

6.3.9. Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами. Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценок). Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, член жюри заносит ее в таблицу на первой странице работы и ставит свою подпись под оценкой.

6.3.10. В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела. Это позволит точнее оценить правильную часть решения и сэкономит время в случае апелляции.

6.3.11. По окончании проверки член жюри, ответственный за данную параллель, передаёт представителю оргкомитета работы и итоговый протокол.

6.3.12. Протоколы проверки работ вывешиваются на всеобщее обозрение в заранее отведённом месте после их подписания ответственным за класс и председателем жюри.

7. Список интернет-ресурсов

http://rosolymp.ru	Портал Всероссийских олимпиад школьников
http://www.4ipho.ru/	Сайт подготовки национальных команд по физике к международным олимпиадам
http://physolymp.ru	Сайт олимпиад по физике
http://potential.org.ru	Журнал «Потенциал»
http://kvant.mccme.ru	Журнал «Квант»
http://www.dgap-mipt.ru	Сайт ФОПФ МФТИ
http://edu-homelab.ru	Сайт олимпиадной школы при МФТИ по курсу «Экспериментальная физика»
mephi.ru/schoolkids/olimpiads/	Олимпиады по физике НИЯУ МИФИ
http://genphys.phys.msu.ru/ol/	Олимпиады по физике МГУ
http://mosphys.olimpiada.ru/	Московская олимпиада школьников по физике
http://physolymp.spb.ru	Олимпиады по физике Санкт-Петербурга
http://vsesib.nsesc.ru/phys.html	Олимпиады по физике НГУ
http://www.afportal.ru/taxonomy/term/7	Белорусские Олимпиады
http://sesc.nsu.ru/vsesib/phys.html	Всесибирская открытая олимпиада школьников

8. Список рекомендуемой литературы

8.1 Учебники и учебные пособия

1. Козел С.М. Физика 10-11. Пособие для учащихся и абитуриентов. (в двух частях). — М.: Мнемозина. 2010.
2. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика: Механика. — Физматлит, 2004.
3. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика: Электродинамика. Оптика. — Физматлит, 2004.
4. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика: Строение и свойства вещества. — Физматлит, 2004.
5. Кикоин А.К., Кикоин И.К., Шамеш С.Я., Эвенчик Э.Е. Физика: Учебник для 10 класса школ (классов) с углубленным изучением физики. — М.: Просвещение, 2004.
6. Мякишев Г.Я. Учебник для углубленного изучения физики. Механика. 9 класс. — М.: Дрофа, 2006.
7. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика: 10 класс: Учебник для углубленного изучения физики. — М.: Дрофа, 2008.
8. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика: Электродинамика: 10-11 классы: Учебник для углубленного изучения физики. — М.: Дрофа, 2006.
9. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика: Колебания и волны. 11 класс: Учебник для углубленного изучения физики. — М.: Дрофа, 2006.
10. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика: Оптика. Квантовая физика. 11 класс: Учебник для углубленного изучения физики. — М.: Дрофа, 2006.
11. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Экспериментальные задания по физике. 9-11 классы. — М.: Вербум — М, 2001.
12. Дж. Сквайрс., Практическая физика. — М.: Издательство Мир, 1971.

8.2.Сборники задач и заданий по физике

1. Баканина Л.П., Белонучкин В.Е., Козел С.М. Сборник задач по физике для 10-11 классов с углубленным изучением физики /Под редакцией С.М. Козелла, М.:Вербум — М, 2003.

2. Всчероссийские Олимпиады по физике. 1992-2004/Научные редакторы: С.М.Козел, В.П.Слободянин. М.:Вербум — М, 2005.

3. Задачи по физике/ Под редакцией О.Я. Савченко, — М.; Наука,1988.

4. Задачи по физике/ Под редакцией О.Я. Савченко, — Новосибирск; Новосибирский государственный университет. 2008.

5. С.М. Козкл, В.А. Коровин, В.А. Орлов, И.А, Иоголевич, В.П. Слободянин. ФИЗИКА 10-11 классы. Сборник задач и заданий с ответами и решениями. Пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. М.; Мнемозина, 2004.

6. Гольдфарб Н.И. Физика: Задачник: 9-11 классы: Учебное пособие для общеобразовательных учреждений. — М.: Дрофа, 2007.

7. С.Д. Варламов, В.И. Зинковский, М.В. Семёнов, … Задачи Московских городских олимпиад по физике 1986 – 2005. М.: Издательство МЦНМО, 2006.

8. Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Зильберман А.Р. Физика: Задачник: 9-11 классы: Учебное пособие для общеобразовательных учреждений. — М.: Дрофа, 2004.

9. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Международные физические Олимпиады школьников /Под редакцией В.Г. Разумовского. — М.: Наука, 1985.

10. А.С. Кондратьев, В.М. Уздин. Физика. Сборник задач, — М.: Физматлит, 2005.

11. М.С. Красин. Решение сложных и нестандартных задач по физике. Эвристические приёмы поиска решений. — М.: Илекса, 2009.

12. Слободецкий И.Ш., Орлов В.А. Всесоюзные Олимпиады по физике: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1982.

13. Черноуцан А.И. Физика. Задачи с ответами и решениями — М .: Высшая школа, 2008.

14. С.Н. Манида. Физика. Решение задач повышенной сложности. Издательство С.-Петербургского университета, 2004.

15. Г.В. Меледин. Физика в задачах. Экзаменационные задачи с решениями. М.: Наука, 1985.

16. Буховцев Б.Б., Кривченков В.Д., Мякишев Г.Я., Сараева И.М. Сборник задач по элементарной физике. Пособие для самообразования. М.: Физматлит. 2000.

Приложение 1

Программа Всероссийской Олимпиады школьников по физике с учетом сроков прохождения тем

Комплекты заданий различных этапов олимпиад составляются по принципу «накопленного итога» и могут включать как задачи, связанные с разделами школьного курса физики, которые изучаются в текущем году, так и задачи по пройденным ранее разделам.

Выделенные цветом темы **не следует** включать в задания ближайшей олимпиады, в дальнейшие - можно.

В столбце «Месяц» указываются примерные сроки (календарный месяц) прохождения темы.

7 класс

Темы занятий ориентированы на наиболее распространенные учебники и программы.

1. Перышкин А.В. Физика-7, М., Дрофа;
2. Громов С.В., Родина Н.А. Физика-7, М., Просвещение.

№	Тема	Месяц	Примечания
1	Измерение физических величин. Цена деления. Единицы измерений физических величин. Перевод единиц измерений. Погрешность измерения (общие понятия).	9	Расчет погрешности потребуется только на заключительном этапе олимпиады в 8 классе!
2	Механическое движение. Путь. Перемещение. Равномерное движение. Скорость. Средняя скорость. Графики зависимостей величин, описывающих движение. Работа с графиками, в т.ч. **культура построения графиков**. Общее понятие об относительности движения. Сложение скоростей для тел, движущихся параллельно.	10	
	1. Школьный этап олимпиады Математика! Необходимо принимать во внимание, что школьники не знают корни и тригонометрию	10	
3	Объем. Масса. Плотность. Смеси и сплавы.	11	Если 2 этап в середине декабря – то можно включать эту тему
	1. Муниципальный этап олимпиады Математика! Школьники умеют решать линейные уравнения, знают признаки равенства треугольников, параллельность прямых.	11-12	
4	Инерция. Взаимодействие тел. Силы в природе (тяжести, упругости, трения). Закон Гука.	12-1	

	Сложение параллельных сил. Равнодействующая.		
	2. Региональный этап олимпиады. Олимпиада Максвелла	1	**На эксперименталь-ном туре уметь пользоваться:** линейкой, часами, мерным цилиндром, весами.
5	Механическая работа для сил, направленных вдоль перемещения, мощность, энергия. Графики зависимости силы от перемещения и мощности от времени.	1 (4)	Основные понятия. Вычисление работы через площадь под графиками перемещения и мощности.
6	Простые механизмы, блок, рычаг. Момент силы. Правило моментов (для сил, лежащих в одной плоскости, и направленных вдоль параллельных прямых). Золотое правило механики. КПД.	3 (5)	
7	Давление.	4 (1)	
8	Основы гидростатики. Закон Паскаля. Атмосферное давление. Гидравлический пресс. Сообщающиеся сосуды. Закон Архимеда. Плавание тел. Воздухоплавание.	4 (2)	
	4. Заключительный этап олимпиады Максвелла. !!! Здесь и далее может потребоваться умение работать с графиками. Построение, расчёт площади под графиком, проведение касательных для учёта скорости изменения величины. Математика! Школьники знают начальные сведения об окружности и некоторые её свойства (диаметр, хорда, касательная). Формулы сокращённого умножения (разность квадратов, сумма и разность кубов).	4	**На эксперименталь-ном туре уметь пользоваться:** динамометром. Оценивается культура построения графиков.

8 класс

Темы занятий ориентированы на наиболее распространенные учебники и программы. В 8-м классе расхождения между программами Громова С.В. и Перышкина А.В. становятся очень существенными. Предметно-методическим комиссиям рекомендуется придерживаться программы соответствующей учебнику Перышкина А.В.

№	Тема	Месяц	Примечания
1	Тепловое движение. Температура. Внутренняя энергия. Теплопроводность. Конвекция. Излучение.	9	Основные понятия без формул.
2	Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества. Удельная теплота сгорания, плавления, испарения. Уравнение теплового баланса при охлаждении и нагревании.	9-10	
3	Агрегатные состояния вещества. Плавление. Удельная теплота плавления. Испарение. Кипение. Удельная теплота парообразования.	10	
	1. Школьный этап олимпиады. Математика! Необходимо принимать во внимание, что школьники не знают корни и тригонометрию.	10	
4	Мощность и КПД нагревателя. Мощность тепловых потерь. Уравнение теплового баланса с учетом фазовых переходов, подведенного тепла и потерь.	11-12	Если второй этап в середине декабря – то можно включать эту тему
	2. Муниципальный этап олимпиады. Математика! Школьники знают теорему Пифагора, квадратные корни и элементы тригонометрии (sin, cos и tg острого угла).	11-12	
5	Работа газа и пара при расширении. Двигатель внутреннего сгорания. Паровая турбина. КПД теплового двигателя.	12	Основные понятия без формул.
	3. Региональный этап олимпиады. Олимпиада Максвелла.	1	**На эксперименталь-ном туре уметь пользоваться:** жидкостным маномет-ром, барометром, тонометром, термо-метром/термопарой.
6	Электризация. Два рода зарядов. Взаимодействие заряженных тел. Проводники и диэлектрики. Электрическое поле. Делимость электрического заряда. Электрон. Строение атомов.	1	Основные понятия без формул.
7	Электрический ток. Источники электрического	2	

	тока. Электрическая цепь и ее составные части. Сила тока. Электрическое напряжение. Электрическое сопротивление проводников. Удельное сопротивление.		
8	Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников. Расчет простых цепей постоянного тока.	2	
9	Нелинейные элементы и вольтамперные характеристики (ВАХ).	2-3	На уровне ВАХ (лампа накаливания, диод)
10	Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля – Ленца.	3	
	4 Заключительный этап Олимпиады Максвелла. Не обязательно, но целесообразно, в индивидуальном порядке изучение понятия потенциала. Пересчёт симметричной звезды в треугольник и обратно. **!!!** Начиная с этого этапа и далее на экспериментальных турах элементарный учет погрешности обязателен! Математика! Пройдены квадратные корни и квадратные уравнения. Теорема Виета.	4	**Для эксперименталь-ного тура:** Резисторы, реостаты, лампы накаливания, источники тока. Электроизмерительные приборы: амперметр, вольтметр, омметр, мультиметр.
11	Магнитное поле. Силовые линии. Магнитное поле прямого тока. Магнитное поле катушки с током. Электромагниты. Постоянные магниты. Магнитное поле Земли. Действие магнитного поля на проводник с током.	4	Основные понятия без формул.
12	Источники света. Распространение света. Тень и полутень. Камера – обскура. Отражение света. Законы отражения света. Плоское зеркало. Область видимости изображений.	5	Основные понятия. Умение строить ход лучей.
13	Преломление света. Законы преломления (формула Снелла). Линзы. Фокус и оптическая сила линзы. Построения хода лучей и изображений в линзах. Область видимости изображений. Фотоаппарат. Близорукость и дальнозоркость. Очки. Математика! Малые углы и понятие радианной меры угла (изучить факультативно).	5	Основные понятия без формулы тонкой линзы. Умение строить ход лучей.

9 класс

В 9-м классе сложная ситуация с программами. В рамках подготовки к ОГЭ и в ущерб механике, большая часть времени уделяется быстрому поверхностному прохождению (не изучению) на описательном уровне всех тем школьной физики. В более выигрышном положении оказываются физико-математические лицеи и специализированные школы, в которых за счёт предпрофильных часов и элективных курсов удается дать курс механики на глубоком уровне. В этом случае обучение может вестись по первому тому Мякишев Г.Я. Физика (т. 1 - 5) "Дрофа".

№	Тема	Месяц	Примечания
1	Кинематика материальной точки. Системы отсчёта. Равномерное движение. Средняя скорость. Мгновенная скорость. Ускорение. **Прямолинейное** равнопеременное движение. Свободное падение. Графики движения (пути, перемещения, координат от времени); графики скорости, ускорения и их проекций в зависимости от времени и координат.	9-10	
2	Движение по окружности. Нормальное и тангенциальное ускорение. Угловое перемещение и угловая скорость.	10	
	1 Школьный этап олимпиады Математика! Пройдены тригонометрические функции.	10	
3	Относительность движения. Закон сложения скоростей. Абсолютная, относительная и переносная скорость.	10-11	Если второй этап в декабре – то можно включать эту тему
4	Криволинейное равноускоренное движение. Полеты тел в поле однородной гравитации. Радиус кривизны траектории.	10-11	Если 2 этап в середине декабря – то можно включать эту тему
5	Кинематические связи (нерастяжимость нитей, скольжение без отрыва, движение без проскальзывания). Плоское движение твердого тела.	11	
	2. Муниципальный этап олимпиады Математика! Пройдены тригонометрические функции (sin, cos, tg) двойного угла, методы решений уравнений высоких степеней.	11-12	**Задач на динамику быть не должно!**
6	Динамика материальной точки. Силы. Векторное сложение сил. Законы Ньютона.	12	

7	Динамика систем с кинематическими связями	12-1	
	3. Региональный этап олимпиады в олимпиадах регионального и заключительного этапа могут быть задачи на сложение ускорений в разных **поступательно** движущихся системах отсчета.	1	Допускаются задачи на динамику материальной точки! **Для экспериментального тура:** Плоские зеркала.
8	Гравитация. Закон Всемирного тяготения. Первая космическая скорость. Перегрузки и невесомость. Центр тяжести.	1	
9	Силы трения. Силы сопротивления при движении в жидкости и газе.	1-2	
10	Силы упругости. Закон Гука.	2	
11	Импульс. Закон сохранения импульса. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Реактивное движение.	2-3	
12	Работа. Мощность. Энергия (гравитационная, деформированной пружины). Закон сохранения энергии. Упругие и неупругие взаимодействия. Диссипация энергии.	3-4	
13	Статика в случае непараллельных сил. Устойчивое и неустойчивое равновесие.	4	
	4. Заключительный этап олимпиады Математика! **Не обязательно**, но целесообразно в индивидуальном порядке изучение производной, её физического смысла. Пройдены прогрессии.	4	**Для экспериментального тура:** Стробоскоп. Лампы накаливания, диоды в т.ч. светодиоды (на уровне ВАХ).
14	Механические колебания. Маятник. Гармонические колебания. Волны. Определения периода колебаний, амплитуды, длины волны, частоты).	4-5	Основные понятия и определения. Без задач на расчет периодов и без формул периодов маятников.
15	Основы атомной и ядерной физики.	5	Основные понятия без формул

10 класс

В 10-м классе существует два типа программ. По одному из них первые месяцы углубленно повторяется механика. И лишь к концу первого полугодия начинается изучение газовых законов. Заканчивается год электростатикой и конденсаторами. Весь остальной материал – постоянный ток, магнитные явления, переменный ток, оптика, атомная и ядерная физика изучается в 11-м классе.

В тех школах, где в 9-м классе велась предпрофильная подготовка, высвобождается дополнительное время (за счёт существенного сокращения часов на повторение механики) и практически сразу начинается изучение молекулярной физики на углубленном уровне. Во втором полугодии полностью изучается электростатика и законы постоянного тока. Заканчивается год магнитными явлениями без изучения самоиндукции и катушек индуктивности.

Предлагаемый план, в целях оптимизации подготовки национальных сборных к международным олимпиадам, ориентируется на второй тип программ. За счет выделения цветом тех тем, которые могут изучаться позднее в непрофильных классах, учитываются интересы последних.

Рекомендованные учебники и программы.

1. Козел С.М. Физика 10-11. Пособие для учащихся и абитуриентов. (в двух частях). — М.: Мнемозина. 2010.
2. Мякишев Г.Я. Физика (т. 1 - 5) "Дрофа";
3. Физика-10 под ред. А.А. Пинского. "Просвещение".

№	Тема	Месяц	Примечания
1	Газовые законы. Изопроцессы. Законы Дальтона и Авогадро. Температура.	9	
2.1	Основы МКТ.	10	
2.2	Потенциальная энергия взаимодействия молекул.	10	Основные понятия без формул.
	1. Школьный этап олимпиады	10	**Без газовых законов!**
3	Термодинамика. Внутренняя энергия газов. Количество теплоты. 1-й закон термодинамики. Теплоемкость. Адиабатный процесс. Цикл Карно.	11	
4	Насыщенные пары, влажность.	11	
	2. Муниципальный этап олимпиады	11-12	**Без газовых законов!**

5	Поверхностное натяжение. Капилляры. Краевой угол. Смачивание и несмачивание.	12	
6	Электростатика. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность. Теорема Гаусса. Потенциал.	12-1	
	3. Региональный этап олимпиады.	1	Возможны задачи на МКТ и газовые законы. **Но, термодинамики, циклов, влажности нет!**
7	Проводники и диэлектрики в электростатических полях.	1	
8	Конденсаторы. Соединения конденсаторов. Энергия конденсатора. Объемная плотность энергии электрического поля.	1	
9	ЭДС. Методы расчета цепей постоянного тока (в т.ч. правила Кирхгофа, методы узловых потенциалов, эквивалентного источника, наложения токов и т.п.). Нелинейные элементы.	2	
10	Работа и мощность электрического тока.	3	
11	Электрический ток в средах. Электролиз.	4	
	4. Заключительный этап олимпиады. Математика! В физмат. классах пройден логарифм.	4	**Для экспериментального тура:** Конденсаторы, транзисторы. Измерительные приборы: психрометр
12	Магнитное поле постоянного тока. Силы Лоренца и Ампера.	5	

11 класс

В 11 классе придерживаемся логики выбранной в 10 классе.

1. Козел С.М. Физика 10-11. Пособие для учащихся и абитуриентов. (в двух частях). — М.: Мнемозина. 2010.
2. Физика-11 под ред. А.А. Пинского. "Просвещение";
3. Мякишев Г.Я. Физика (т. 1 - 5) "Дрофа".

№	Тема	Месяц	Примечания
1	Закон индукции Фарадея. Вихревое поле. Индуктивность, катушки, R,L,C - цепи.	10	Если второй этап в середине декабря – то можно включать эту тему
	1. Школьный этап олимпиады	10	
2	Колебания механические и электрические.	11	
	2 (муниципальный) этап олимпиады Математика! Пройдены логарифмы.	11	**Без механических колебаний!**
3	Переменный ток. Трансформатор.	11	
4	Электромагнитные волны.	12	
5	Геометрическая оптика. Формула тонкой линзы. Системы линз. Оптические приборы. Очки.	12	
	3 (региональный) этап олимпиады Математика! Пройдены производные.	1	**Без геометрической оптики!**
6	Волновая оптика. Интерференция. Дифракция.	1-2	
7	Теория относительности.	2	
8	Основы атомной и квантовой физики.	3	
9	Ядерная физика.	4-5	
	4 (заключительный) этап олимпиады На заключительном этапе могут предлагаться задачи на законы Кеплера и сферические зеркала. Математика! Пройдены интегралы.	4	**Для эксперименталь-ного тура:** Генератор переменного напря-жения, лазер, катушки индуктивности, дифракционные решетки, осциллограф.

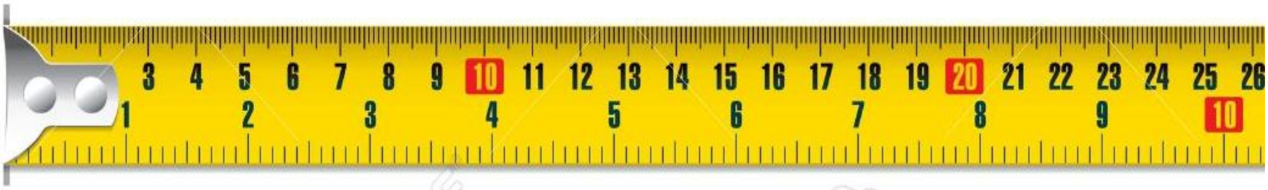
Приложение 2

Образцы задач школьного этапа

7 класс

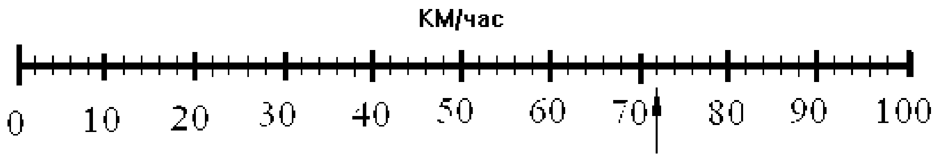
1. **Рулетка.** На рисунке приведена фотография части рулетки. Цифры на верхней шкале соответствуют сантиметрам, на нижней – дюймам. Найдите цену деления верхней и нижней шкал. Определите по рисунку, сколько дюймов в 1 см и сколько см в 1 дюйме.

2. **Два автомобиля**. Два автомобиля, российского и английского производства, едут по

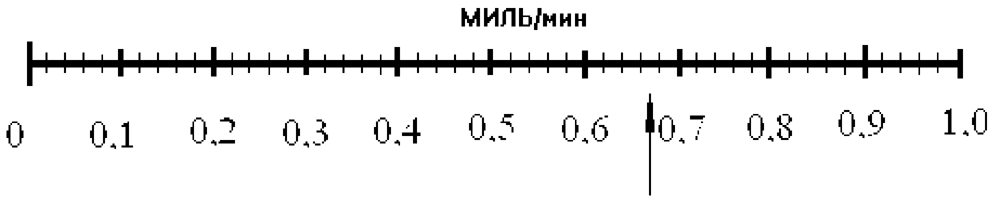


дороге.

Спидометр российского автомобиля показывал:



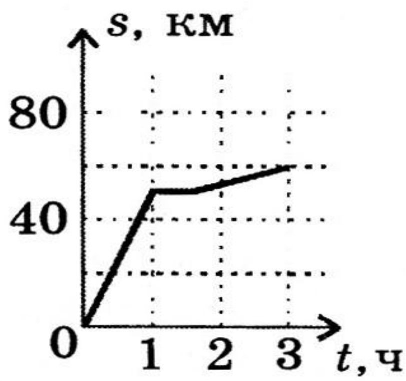
Спидометр на английском автомобиле показывал:



Какова цена деления каждой из шкал? Каковы скорости автомобиля английского производства, выраженная в км/ч.

Примечание: 1 миля ≈1,61 км.

3. **График пути от времени**. На рисунке показан график зависимости пути от времени для автобуса в течение первых трёх часов движения. В течение следующих двух часов автобус ехал с некоторой постоянной скоростью. Какова была эта скорость, если средняя скорость автобуса за 5 часов движения оказалась



равной 28 км/ч?

8 класс

1. **Поверхностно-активные вещества**. В странах с сухим жарким климатом поверхность рисовых полей защищают от испарения воды поверхностно-активными веществами (сокращённо – ПАВ). Один м^3 ПАВ растекается по поверхности воды слоем толщиной (1/40 000) мм. Вычислите площадь, защищённую этим ПАВ от испарения.
2. **Куб из алюминия**. На столе стоит сплошной куб из алюминия. Какова масса куба, если он оказывает на стол давление 5400 Па? Плотность алюминия 2700 кг/м^3.
3. **Тёплая смесь**. Сколько нужно смешать горячей воды, имеющей температуру 90°C, и холодной, имеющей температуру 10°C, чтобы получить 100 кг воды с температурой 30°C?
4. **Шарик на привязи**. Какова плотность шарика, удерживаемого в воде с помощью нити, закрепленной на дне водоема, если известно, что сила натяжения нити в 3 раза меньше веса шарика?

9 класс

1. **Кирпич**. Кирпич – это параллелепипед, длины ребер которого относятся как 1:2:4. В бассейн, размеры которого много больше размеров кирпича, начали наливать воду. На дне бассейна стоит кирпич на наименьшей его грани.

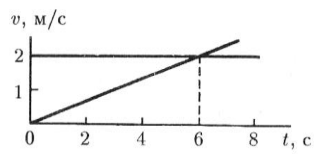
Когда уровень воды в бассейне достиг половины высоты кирпича, кирпич уронили так, что он упал на самую большую грань. Чему равно отношение давлений кирпича на дно бассейна непосредственно перед его падением и после падения? Кирпич шершавый. Плотность воды ρ_1 = 1 000 кг/м^3, плотность материала кирпича ρ_2 = 2 000 кг/м^3.

Примечание: Атмосферное давление не учитывайте.

2. **Теплообмен**. В калориметр, содержащий $m_л$ = 200 г льда при температуре $t_л$ = – 10^{0}С, наливают m = 200 г воды. Постройте график зависимости конечной температуры t в калориметре от начальной температуры $t_в$ налитой воды.

Удельная теплоемкость льда $c_л$ = 2 100 Дж/(кг град), удельная теплота плавления льда λл = 330 000 Дж/кг, удельная теплоемкость воды $c_л$ = 4 200 Дж/(кг град), Температура плавления льда $t_{пл}$ = 0^{0}С.

3. **Две частицы**. Две частицы в момент времени t = 0 вылетели из одной точки в одном направлении. По графикам зависимости скорости этих частиц от времени определите координаты и время их встречи.



4. **Проволока.** Определите сопротивление медной проволоки длиной 200 м. Масса проволоки 10 кг. Плотность меди 8,9 г/см^3, удельное сопротивление 1,7·10^{-8} Ом·м. Сопротивления резисторов R_1, R_2, R_3 в электрической цепи и сила тока I_3, протекающий через R_3, известны. Определите напряжение на батарее и силу токов, протекающих через резисторы R_1 и R_2.

5. **«Ну, погоди!»**. В одной из серий мультфильма «Ну, погоди!» волк проглатывает воздушный шарик, заполненный гелием и в результате, увеличивается в объёме настолько, что начинает парить в воздухе. Рассчитайте объём волка в этом случае. Массу волка принять равной m = 30,0 кг, плотность воздуха ρ = 1,29 кг/м^3, плотность гелия ρ_{He} = 0,18 кг/м^3. Считайте, что волк легко растяжим, поэтому плотность газа в проглоченных шариках не изменяется.

10 класс

1. **Работа читателя**. На столе лежит книга, длина и ширина которой равны L. Наименьшая работа, которую необходимо совершить, чтобы раскрыть ее на середине, равна А. Чему равна масса книги?

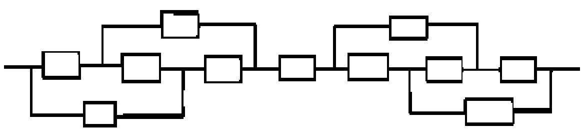
2. **Шар на нити (2)**. Какова плотность шарика, удерживаемого в воде с помощью нити, закрепленной на дне водоема, если известно, что сила натяжения нити в 3 раза меньше силы тяжести, действующей на шарик?

Примечание для жюри: задача имеет два варианта – а) нити прикреплена к дну и не позволяет шарику всплыть; б) нить не позволяет шарику утонуть.

3. **В калориметре**. В калориметр с водой, температура которой 20ºС, переносят нагретые в кипятке одинаковые металлические цилиндры. После переноса первого цилиндра температура в калориметре поднялась до 40ºС. Определите, отношение теплоёмкости цилиндра к теплоемкости воды.

Какой станет температура воды в калориметре после переноса **двух цилиндров**? **Сколько цилиндров** нужно перенести, чтобы температура в калориметре стала равной 90ºС? Потерями теплоты на нагревание калориметра и окружающего воздуха пренебречь.

4. **Электрическая цепь.** Найдите полное сопротивление цепи, состоящей из 11 одинаковых резисторов. Величина сопротивления одного резистора равна R.



5. **Груз на привязи**. С каким минимальным ускорением движется груз массой m, если его тянут вверх и вправо с постоянной силой F, направленную под углом $\alpha = 30^o$ к горизонту. Груз не касается никаких других тел.

11 класс

1. **Два зайца**. Два зайца находятся рядом. Вначале стартует первый заяц с ускорением a. Через время τ после этого стартует второй, но с ускорением $2a$. На каком расстоянии S от места старта он догонит первого?

2. **Изменение уровня**. В цилиндрический сосуд, площадь дна которого равна S, находится вода плотностью ρ_0. На сколько поднимется уровень жидкости в сосуде, если в него опустить тело массы m изготовленное из материала, плотностью ρ?

3. **Смесь газов**. В сосуде объёмом V = 1,5 л находится смесь кислорода и углекислого газа. Масса смеси m = 40 г, температура t = 27ºC, давление p = 2 МПа. Найдите массу каждого газа. Молярная масса кислорода μ_1 = 0,032 кг/моль, углекислого газа μ_2 = 0,044 кг/моль.

4. **Два электрона**. Два электрона, находящиеся в начальный момент далеко друг от друга, движутся навстречу вдоль одной прямой с одинаковыми по модулю скоростями υ = 1 000 км/с. На какое наименьшее расстояние они сблизятся?

5. **Про влажность**. В комнате при температуре 15ºC относительная влажность 10%. **Как изменится относительная влажность**, если температура в комнате повысится на 10ºC? Давление насыщенного пара при 15ºC равно 12,8 мм рт. ст., при 25ºC равно 23,8 мм рт. ст.

Приложение 3

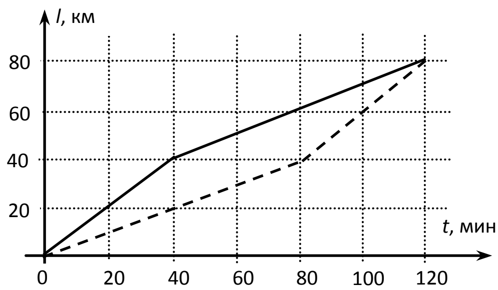
Образцы задач муниципального этапа

7 класс

Задача 1. На полпути. Из пункта *А* в пункт *Б* по прямой дороге выезжают два автомобиля. Первый половину всего пути едет со скоростью 60 км/ч, а вторую половину пути со скоростью 30 км/ч. Второй автомобиль наоборот, первую половину пути едет со скоростью 30 км/ч, а вторую половину пути со скоростью 60 км/ч. В результате в пункт *Б* они приезжают одновременно через 120 мин после старта. На одних координатных осях постройте графики зависимостей расстояний, пройденных автомобилями от времени их движения и определите, с каким временным интервалом они проехали середину дистанции, и какое максимальное расстояние было между ними во время движения.

Возможное решение

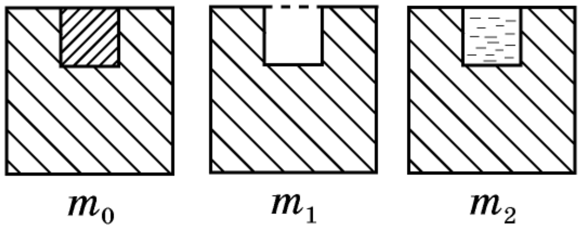
Так как скорости на равных участках отличаются в 2 раза, во столько же раз отличаются и времена движения на них. Следовательно, изменение скоростей происходит на 40-й и 80-й минутах. А весь пройденный путь тогда равен 80 км. Построим по этим характерным точкам график. Из которого видно, что с 40-й по 80-ю минуту расстояние между машинами было наибольшим и равным 20 км, а середину дистанции машины прошли с интервалом 40 мин.



Критерии оценивания

1. Определены времена движения на участках 3 балла
2. Найден весь путь 2 балла
3. График 3 балла
   - подписаны величины и единицы измерения на осях 1 балл
   - оцифрованы деления через равные интервалы 1 балл
   - построены зависимости пути 1 балл
4. Определено максимальное, расстояние 1 балл
5. Найден временной интервал между проездами середины 1 балл

Задача 2. Куб с лункой. Если в кубе массой $m_0 = 1,6$ кг сделать лунку в форме кубика, то он будет иметь массу $m_1 = 1,2$ кг. А если эту лунку заполнить водой, то масса куба (рис. 1) будет равна $m_2 = 1,7$ кг. Определите плотность ρ_x материала, из которого изготовлен куб. Плотность воды $\rho_B = 1,0$ г/см^3.



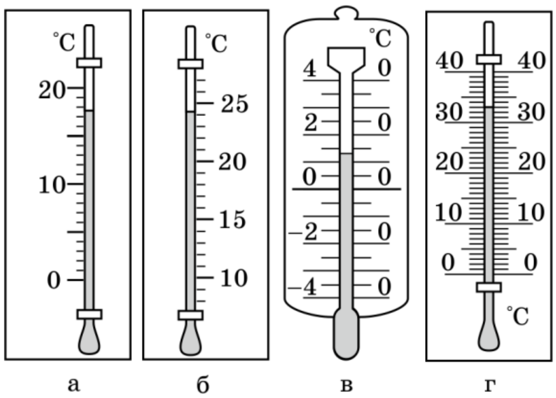
Возможное решение

Найдём массу воды в лунке: $m_B = m_2 - m_1 = 0,5$ кг. Объем воды в лунке $V_B = m_B / \rho_B = 500$ см^3. Масса материала, извлечённого из лунки $m_x = m_0 - m_1 = 0,4$ кг, а плотность этого материала $\rho_x = m_x / V_B = 0,8$ г/см^3.

Критерии оценивания

1. Определены масса воды в лунке — 2 балла
2. Найден объем лунки — 3 балла
3. Найдена масса материала, извлечённого из лунки — 2 балла
4. Найдена плотность материала кубика — 3 балла

Задача 3. Быстрые термометры. На рисунке изображены шкалы четырех термометров. Определите, у какого их них наибольшая цена деления и чему она равна. Какой термометр сейчас показывает наибольшую температуру и чему она равна?



Термометры внесли в комнату. Через час температура в ней стала медленно увеличиваться, причем за равные промежутки времени на одинаковую величину. Определите, во сколько раз будут отличаться максимальная и минимальная скорости движения верхней границы столбиков жидкости в термометрах. Поясните, как получены ваши ответы. Применять свои линейки для измерений при решении нельзя.

Возможное решение

Для ответа на первые вопросы задачи составим табличку, в которую занесем цену деления каждого термометра и его показания

№	а	б	в	г
Δt, ^{0}C	1	1	5 – максимум	1
t, ^{0}C	18	24	15	33 – максимум

Напомним, в случае если указатель шкалы располагается между штрихами, показания снимаются по ближайшему штриху, а не рассчитываются пропорционально доле цены деления!

Для сравнения скоростей подъема столбиков выберем по возможности большее одинаковое изменение температуры, которое можно измерить на всех шкалах (например, 15^{0}C, так как вторым термометром (б) большую разность температур уже не измерить). Подбирая совпадающие деления, выразим высоты подъема столбиков при нагревании на 15^{0}C в делениях шкалы второго термометра. Они составят:

для термометра *а* 12 делений

для термометра *б* 15 делений

для термометра *в* (изменение высоты столбика при нагревании на 80^{0}C соответствует 19 делениям термометра *б*, следовательно, нагреванию на 15^{0}C будет соответствовать 3,6 деления)

для термометра *г* (изменение высоты столбика при нагревании на 40^{0}C соответствует 18 делениям термометра *б*, следовательно, нагреванию на 15^{0}C будет соответствовать 6,8 деления).

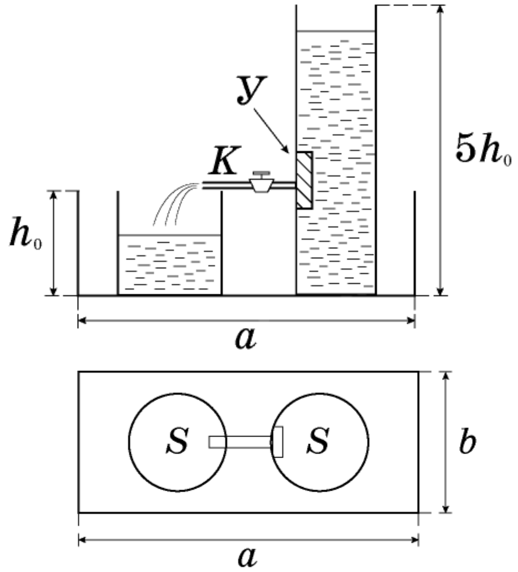
Таким образом, отношение максимальной и минимальной скоростей подъемов столбиков (в термометрах *б* и *в*, соответственно) равно 15/3,6 = 4,2.

Критерии оценивания

1. Определена цена деления каждого термометра 1 балл
2. Выбрана максимальная цена деления 1 балл
3. Определены показания каждого термометра 1 балл
   (если приведены дробные значения, балл не ставится)
4. Выбрана максимальная температура 1 балл
5. Описан метод сравнения скоростей 2 балла
6. Приведены результаты сопоставления изменения высот столбиков при одинаковых изменениях температуры 2 балла

7. Найдено отношение скоростей (диапазон от 4,0 до 4,4) 2 балла

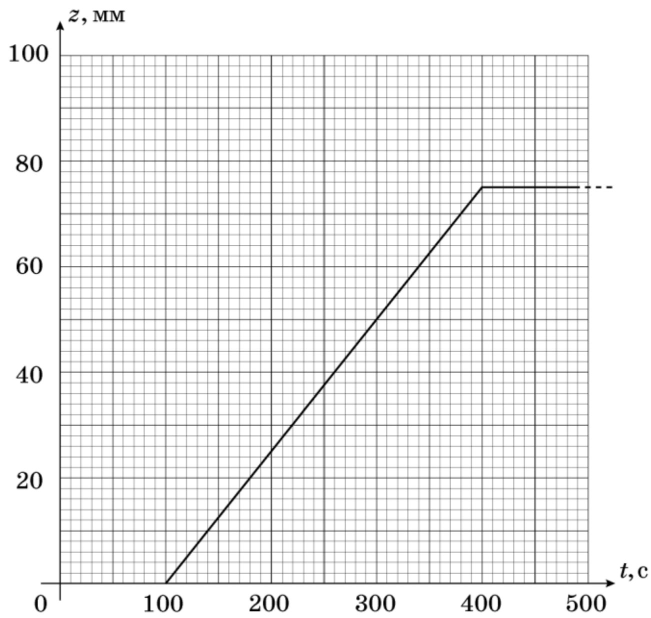
Задача 4. Из полного в порожнее (1). В прямоугольном поддоне со сторонами $a = 30$ см, $b = 20$ см и высотой бортика $h_0 = 10$ см стоят цилиндрические сосуды с площадью основания $S = 100\ \text{см}^2$ каждый (рис. 1). Высота первого сосуда h_0, а второго $5h_0$. В высокий сосуд через отверстие в стенке вставлена тонкая трубка с краном *К*, второй конец которой лежит на стенке низкого сосуда. В этом положении трубка горизонтальна. Благодаря наличию устройства *У*, при открытом кране *К* уровень воды в высоком сосуде понижается с постоянной скоростью



$\upsilon = 1{,}0$ мм/с. Первоначально в низком сосуде и поддоне воды нет, а уровень воды в высоком сосуде равен $5h_0$. В момент времени $t = 0$ кран открывают. Постройте график зависимости уровня воды z в поддоне от времени t после открытия крана ($0 < t < 500$ с). Отметьте на осях графика величины z и t в характерных точках (точках излома, точках максимума или минимума).

Возможное решение

Так как площади сечения сосудов одинаковы, а уровень воды в высоком сосуде понижается со скоростью $\upsilon = 1$ мм/с, низкий сосуд заполнится через время $t_1 = h_0/\upsilon = 100$ с после открытия крана. До этого момента воды в поддоне нет. Начиная с момента времени t_1, вытекающая вода начинает заполнять поддон. Всего в поддон вытечет объем воды равный $V = 3h_0S = 3000\ \text{см}^3$. Этот объем воды будет вытекать в течение времени $t_2 = 300$ с и растечется по площади S_1 равной площади поддона минус площадь сечения двух сосудов:



$S_1 = ab - 2S = 400\ \text{см}^2$. Из условия равенства объемов получаем $V = S_1Z_м$, где $Z_м$

максимальный уровень воды в поддоне, и окончательно: $Z_м = V/S_1 = 3h_0S/(ab - 2S)$ = 7,5 см = 75 мм. График зависимости $Z(t)$ приведён ниже.

Критерии оценивания

1. Определено время заполнения низкого сосуда — 1 балл
2. Определено общее время вытекания воды из высокого сосуда — 1 балл
3. Определена площадь поверхности воды в поддоне — 2 балла
4. Использовано уравнение равенства объемов — 1 балл
5. Определен максимальный уровень воды в поддоне — 2 балла
6. Представлен правильный график зависимости Z от *t* — 3 балла
   a. Подписаны оси и указаны единицы измерения, выбран удобный масштаб с равными делениями — 1 балл
   b. Наличие трех участков на графике — 1 балл
   c. Верно нанесены характерные точки изломов — 1 балл

8 класс

Задача 1. Средняя деревенская. На перемещение из города в деревню с постоянной скоростью, автомобиль затратила время t. На обратном пути водитель ехал быстрее, и добрался до города за вдвое меньшее время. За какое время доехала бы машина от города до деревни, если бы водитель поддерживал скорость равную средней скорости своего движения за поездку туда и обратно?

Возможное решение

Обозначим расстояние от города до деревни за s. Тогда скорость автомобиля на пути из города в деревню равна s/t, а на обратном $2s/t$. Рассчитаем среднюю скорость всего движения: $\upsilon = \frac{2s}{3t/2} = \frac{4s}{3t}$. Откуда, время движения t_0 от города до деревни, при скорости равной средней скорости движения за поездку туда и обратно равно: $t_0 = \frac{3}{4}t$.

Критерии оценивания

1. Записана скорость на пути из города в деревню — 2 балла
2. Записана скорость на обратном пути — 2 балла
3. Найдена средняя скорость на всем пути — 4 балла
4. Найдено искомое время движения — 2 балла

Задача 2. Зимой и летом… Экспериментатор Глюк обратил внимание, что в начале зимы показания двух уличных термометров (один проградуирован в градусах Цельсия, а дугой в градусах Фаренгейта) совпадая по модулю имеют разные знаки $-$ 11,5^{0}C и 11,5^{0}F. Когда наступили суровые морозы, показания термометров опять совпали, но теперь уже и по знаку $-$ 40^{0}C и $-$ 40^{0}F. Определите, какую температуру показывает термометр в градусах Цельсия, когда показания второго равны +40^{0}F.

Возможное решение

Так как обе шкалы линейные, то линеен и закон преобразования из градусов Фаренгейта в градусы по Цельсию. Запишем его: $T_C = aT_F + b$, где a и b – постоянные коэффициенты. T_{F1} = 11,5 ^{0}F, T_{C1} = – 11,5 ^{0}C, T_{F2} = – 40 ^{0}F, T_{C2} = – 40 ^{0}C, T_{F3} = 40 ^{0}F, T_{C3} – необходимо найти.

Решая систему, найдем $a = \frac{T_{C1} - T_{C2}}{T_{F1} - T_{F2}}$ = 0,56 ^{0}C/^{0}F и $b = \frac{T_{C2}T_{F1} - T_{C1}T_{F2}}{T_{F1} - T_{F2}}$ = – 17,9 ^{0}C.

Подставив T_{F3} = 40 ^{0}F в полученный закон перевода, получим $T_{C3} = aT_{F3} + b$ = 4,5 ^{0}C.

Критерии оценивания

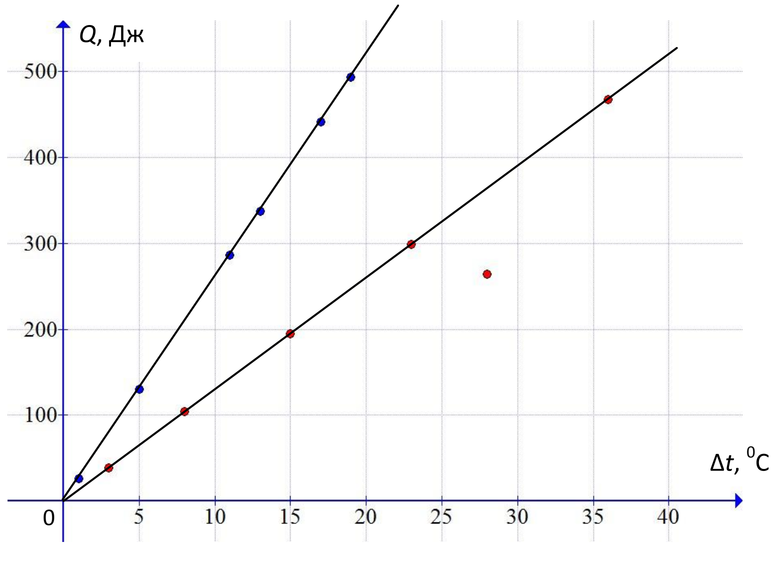
1. Высказана идея о том, что необходимо найти закон перевода 1 балл
2. Записана система уравнений 2 балла
3. Найдены коэффициенты в законе перевода (по 3 балла за каждый) 6 баллов
4. Найдена искомая температура 1 балл

Задача 3. Шариковая смесь. В лаборатории калориметрии провели серию экспериментов по нагреванию стальных шариков двух различных масс. В таблице приведены значения изменений температуры шариков Δt в зависимости от подведенного к ним количества теплоты Q. К сожалению, по неопытности лаборант занес в одну таблицу данные для разных шариков. Построив график, определите, во сколько раз отличались массы шариков и найдите какой из результатов явно надо отбросить, как промах экспериментатора.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q, Дж	440	195	40	470	25	340	105	260	130	290	495	300
Δt, ^{0}C	17	15	3	36	1	13	8	28	5	11	19	23

Возможное решение

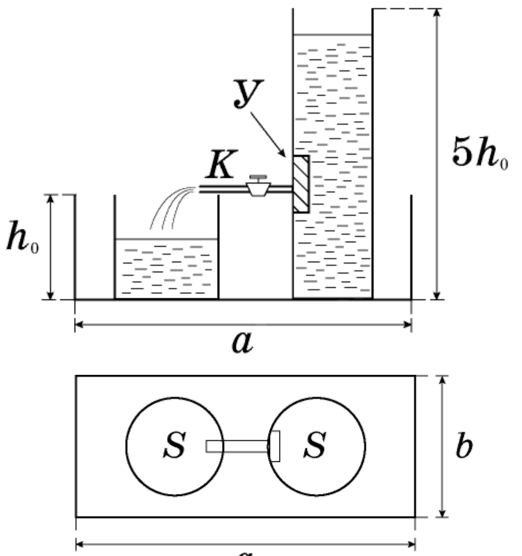
Нанесем все экспериментальные точки на поле графика с осями Δt и Q. Так как при нагревании $Q = mc\Delta t$, то зависимость для каждого из тел должна быть линейной. Все точки, за исключением одной хорошо ложатся на прямые, а точку Q =260 Дж следует перемерить. Отношение масс пропорционально отношению угловых коэффициентов наклона прямых: $\frac{m_1}{m_2} = 2$.



Критерии оценивания

1. Теоретическое обоснование линейности зависимости Q и Δt 1 балл
2. Теоретическое обоснование пропорциональности отношения масс и угловых коэффициентов наклона 1 балл
3. График 4 балла
   - подписаны величины и единицы измерения на осях 1 балл
   - оцифрованы деления через равные интервалы 1 балл
   - нанесены точки и проведены прямые (не ломаные) 2 балла
4. Определено отношение масс (±5%) 2 балла
5. Найдена точка выброса 2 балла

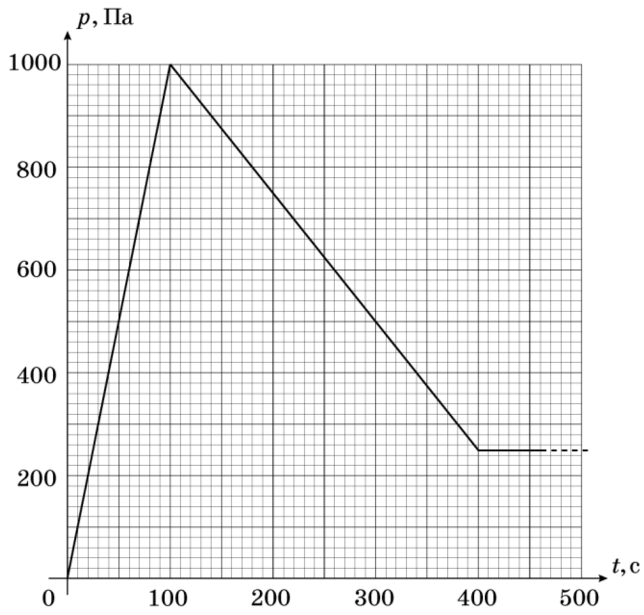
Задача 4. Из полного в порожнее (2). В прямоугольном поддоне со сторонами $a = 30$ см, $b = 20$ см и высотой бортика h_0 = 10 см стоят легкие цилиндрические сосуды с площадью основания $S = 100\ \text{см}^2$ каждый (рис. 1). Высота первого сосуда h_0, а второго $5h_0$. Дно поддона шероховатое. В высокий сосуд через отверстие в стенке вставлена тонкая трубка с краном K, второй конец которой лежит на стенке низкого сосуда. В этом положении трубка горизонтальна. Благодаря наличию устройства $У$, при открытом кране K уровень воды в высоком сосуде понижается с постоянной скоростью υ = 1,0 мм/с. Первоначально в низком сосуде и поддоне воды нет, а уровень воды в высоком сосуде равен $5h_0$. В момент времени $t = 0$ кран открывают. Постройте график зависимости давления p, оказываемого низким сосудом на дно поддона, от времени t после открытия крана (0 < t < 500 с). Отметьте на осях графика величины p и t в характерных точках – излома, максимума или минимума.



Возможное решение

Так как площади сечения сосудов одинаковы, а уровень воды в высоком сосуде понижается со скоростью $\upsilon = 1$ мм/с, низкий сосуд заполнится через время $t_1 = h_0/\upsilon = 100$ с после открытия крана. До этого момента воды в поддоне нет, сила Архимеда на сосуд не действует, а давление, оказываемое низким сосудом на дно поддона, равномерно возрастает $P(t) = \rho gh = \rho g\upsilon t$. Максимальное значение давления P_m достигается при $t = t_1$ и равно $P_m = 1000$ Па.

Начиная с момента времени t_1, вытекающая вода начинает заполнять поддон и появляется возрастающая сила Архимеда, действующая на сосуды. Всего в поддон вытечет объем воды равный $V = 3h_0S = 3000$ см^3. Этот объем воды будет вытекать в течение времени $t_2 = 300$ с и растечется по площади S_1, равной площади поддона минус площадь сечения двух сосудов: $S_1 = ab - 2S = 400$ см^2. Из условия равенства объемов получаем $V=S_1Z_м$, где $Z_м$ максимальный уровень воды в поддоне, и окончательно:



$Z_м = V/S_1 = 3h_0S/(ab - 2S) = 7{,}5$ см $= 75$ мм. После этого вытекание воды прекратиться и никаких изменений в системе происходить не будет.

Максимальная сила Архимеда, действующая на сосуд при уровне воды в поддоне $Z_м$, равна $F_A = \rho gSZ_м = 7{,}5$ Н. При этом достигается минимальное давление заполненного водой низкого сосуда на дно поддона

$P_{мин} = P_m - F_A/S = 1000 - 750 = 250$ Па.

График зависимости $P(t)$ представлен на рисунке.

Критерии оценивания

1. Определено время заполнения низкого сосуда 1 балл
2. Определено максимальное давление низкого сосуда

на дно поддона 1 балл

3. Определено общее время вытекания воды из высокого сосуда 1 балл
4. Определен максимальный уровень воды в поддоне 2 балла
5. Определена максимальная сила Архимеда 1 балл
6. Определено минимальное давление низкого сосуда на дно поддона 2 балла
7. Представлен правильный график зависимости $P(t)$ 2 балла

Подписаны оси и указаны единицы измерения, выбран удобный масштаб с равными делениями 0,5 балла

Наличие трех участков на графике 0,5 балла

Верно нанесены характерные точки изломов 1 балл

9 класс

Задача 1. Мост. Поезд въезжает на мост со скоростью υ_0. Если он будет на мосту разгоняться с ускорением a, то проедет мост за время t_1 = 30 с, если с таким же ускорением он будет тормозить, то проедет мост за время t_2 = 60 с. За какое время t_3 поезд проедет мост при равномерном движении со скоростью υ_0?

Возможное решение

Обозначив длину моста за L, запишем кинематические уравнения:

$$L = \upsilon_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} \text{ – для равноускоренного движения} \quad (1)$$

$$L = \upsilon_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2} \text{ – для равнозамедленного движения} \quad (2)$$

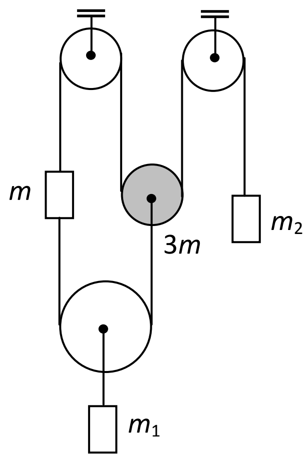
$$L = \upsilon_0 t_3 \text{ – для равномерного движения} \quad (3)$$

После умножения уравнения (1) на t_2^2 и уравнения (2) на t_1^2 и их суммирования получим $\upsilon_0 = \dfrac{L(t_1^2 + t_2^2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$. После подстановки υ_0 в уравнение (3) найдем время, за которое поезд проедет мост при равномерном движении со скоростью υ_0: $t_3 = \dfrac{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}{t_1^2 + t_2^2}$ = 36 с.

Критерии оценивания

1.	Записано уравнение для равноускоренного движения	2 балла
2.	Записано уравнение для равнозамедленного движения	2 балла
3.	Записано уравнение для равномерного движения	1 балл
4.	Найдено v_0	3 балла
5.	Ответ для t_3 в общем виде	1 балл
6.	Численный ответ для t_3	1 балл

Задача 2. Равновесие. Система состоит из нескольких грузов, подвешенных на невесомых нитях, перекинутых через невесомые и один массивный (выделен серым цветом) блоки. Масса m = 1 кг. Определите, при каких значениях масс m_1 и m_2



система будет находиться в равновесии. Трения в осях блоков нет.

Возможное решение

Обозначим силу натяжения верхней нити за T_2, а нижней за T_1. Тогда условия равенства нулю суммы вертикальных сил, действующих на элементы системы, примут вид:

1) для груза m_2: $m_2 g = T_2$

2) для блока $3m$: $3mg = 2T_2 - T_1$

3) для груза m_1: $m_1 g = 2T_1$

4) для груза m: $mg = T_2 - T_1$

Решая систему уравнений, получим: $m_1 = 2m$ = 2 кг, $m_2 = 2m$ = 2 кг.

Критерии оценивания

1. Условие равновесия груза m_2 2 балла
2. Условие равновесия блока $3m$ 2 балла
3. Условие равновесия груза m_1 2 балла
4. Условие равновесия груза m 2 балла
5. Решение системы уравнений и получение численного ответа 2 балла

Задача 3. Два в одном. В калориметр, частично заполненный водой при температуре t_0 = 10°C, опустили кубик №1, имеющий начальную температуру t = 70^{0}C. После прекращения теплообмена температура содержимого калориметра достигла t_1 = 25°C. Если бы вместо кубика №1, в калориметр опустили кубик №2, нагретый до такой же температуры t, то после прекращения теплообмена температура содержимого калориметра достигла бы t_2 = 35°C. До какой температуры t_3 увеличится температура содержимого калориметра, если в него опустить сразу оба кубика, нагретые до температуры t? Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Вода из калориметра не выливается.

Возможное решение

Уравнения теплового баланса в трех случаях имеют вид:

1) $C(t_1 - t_0) = C_1(t - t_1)$

2) $C(t_2 - t_0) = C_2(t - t_2)$

3) $C(t_3 - t_0) = (C_1 + C_2)(t - t_3)$, C_i – полные теплоемкости воды и кубиков.

Решая систему уравнений, получим: t_3 = 50,3^{0}С (**правильный ответ** 40,7^{0}С).

Критерии оценивания

1. Составлены уравнения теплового баланса для каждого процесса 6 баллов
   три уравнения по 2 балла за каждое
2. Решение систем (допускается ранняя численная подстановка) 4 балла

Задача 4. Выделение нелинейности. В лаборатории линейной электродинамики экспериментатор Глюк исследовал вольтамперную характеристику резистора, занося в таблицу значения силы тока *I*, текущего через резистор и поданное на него напряжение *U*. Позже выяснилось, что в таблицу кроме результатов Глюка, попали данные, полученные в соседней лаборатории нелинейных элементов. Построив график, определите, какие результаты относятся к эксперименту Глюка. Найдите сопротивление исследуемого резистора. Какая точка может соответствовать как резистору, так и нелинейному элементу?

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
U, В	0,2	3,0	0,4	0,7	1,0	1,3	1,9	1,4	1,6	1,8	2,4	0,7	2,0	2,2	2,3
I, А	0,03	0,43	0,02	0,04	0,08	0,14	0,27	0,14	0,23	0,33	0,34	0,10	0,49	0,75	0,98

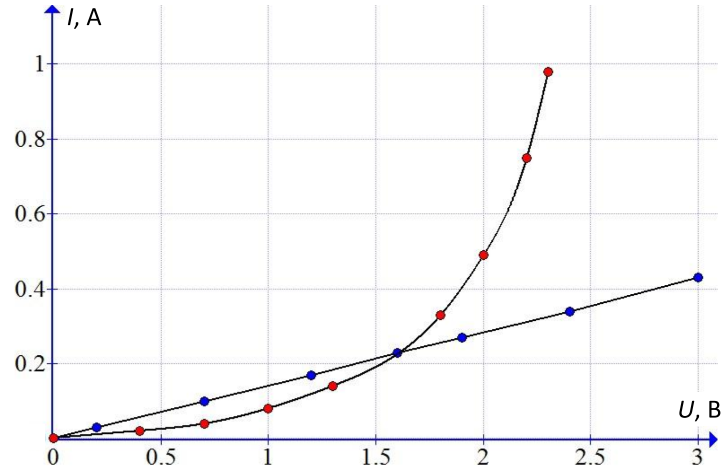
Возможное решение

Нанесем все экспериментальные точки на поле графика с осями *U* и *I*. Так как по закону Ома зависимость силы тока от напряжения для резистора должна быть линейной, выделим точки, лежащие на одной прямой, в широком диапазоне напряжений. Не попавшие на прямую точки, относятся к нелинейному элементу. По угловому коэффициенту наклона прямой, находим сопротивление резистора *R* = 7 Ом.

Резистору соответствуют точки таблицы:

U, В	0,2	0,7	1,2	1,9	2,4	3,0
I, А	0,03	0,10	0,17	0,27	0,34	0,43

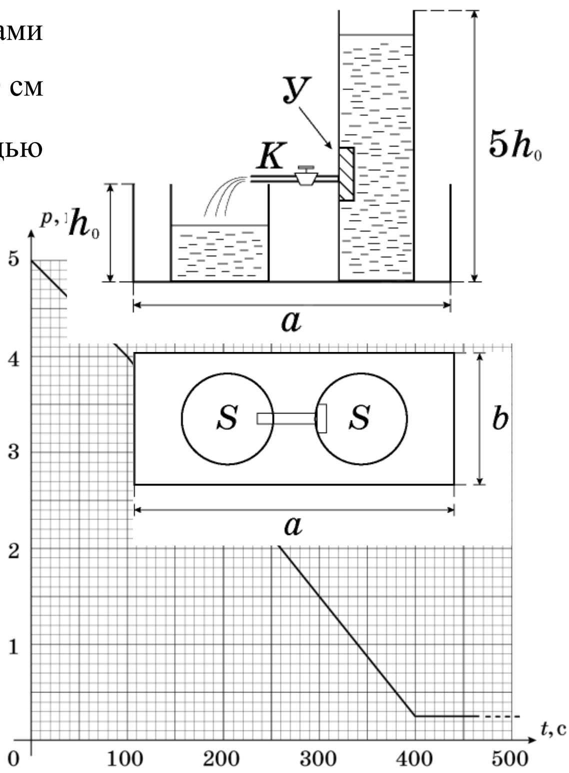
Точка *U* = 1,6 В может соответствовать как резистору, так и нелинейному элементу.



Критерии оценивания

1. Теоретическое обоснование линейности зависимости I от U 2 балла
2. График 4 балла
   - подписаны величины и единицы измерения на осях 1 балл
   - оцифрованы деления через равные интервалы 1 балл
   - верно нанесенные точки, соединенные гладкими линиями (не ломаными) 2 балла
3. Определено сопротивление резистора (±5%) 2 балла
4. Найдена точка неоднозначной принадлежности 2 балла

Задача 5. Из полного в порожнее (3). В прямоугольном поддоне со сторонами $a = 30$ см, $b = 20$ см и высотой бортика $h_0 = 10$ см стоят легкие цилиндрические сосуды с площадью основания $S = 100\text{ см}^2$ каждый (рис. 1). Высота первого сосуда h_0, а второго $5h_0$. Дно поддона шероховатое. В высокий сосуд через отверстие в стенке вставлена тонкая трубка с краном K, второй конец которой лежит на стенке низкого сосуда. В этом положении трубка горизонтальна. Благодаря наличию устройства



$У$, при открытом кране $К$ уровень воды в высоком сосуде понижается с постоянной скоростью υ = 1,0 мм/с. Первоначально в низком сосуде и поддоне воды нет, а уровень воды в высоком сосуде равен $5h_0$. В момент времени $t = 0$ кран открывают. Постройте график зависимости давления p, оказываемого высоким сосудом на дно поддона, от времени t после открытия крана. Отметьте на осях графика величины p и t в характерных точках – излома, максимума или минимума.

Возможное решение

Так как площади сечения сосудов одинаковы, а уровень воды в высоком сосуде понижается со скоростью $\upsilon = 1$ мм/с, низкий сосуд заполнится через время $t_1 = h_0/\upsilon = 100$ с после открытия крана. До этого момента воды в поддоне нет, сила Архимеда на сосуд не действует, а давление, оказываемое высоким сосудом на дно поддона, равномерно убывает $P(t) = \rho g(5h_0 - \upsilon t)$. При $t = 0$ давление высокого сосуда равно $P_0 = 5000$ Па, а при $t = t_1$ давление уменьшается до $P_1 = 4000$ Па.

Начиная с момента времени t_1, вытекающая вода начинает заполнять поддон и появляется возрастающая сила Архимеда, действующая на сосуды. Всего в поддон вытечет объем воды равный $V = 3h_0S = 3000$ см^3. Этот объем воды будет вытекать в течение времени $t_2 = 300$ с и растечется по площади S_1, равной площади поддона минус площадь сечения двух сосудов: $S_1 = ab - 2S = 400$ см^2. Из условия равенства объемов получаем $V = S_1Z_м$, где $Z_м$ максимальный уровень воды в поддоне, и окончательно: $Z_м = V/S_1 = 3h_0S/(ab - 2S) = 7{,}5$ см = 75 мм. После этого вытекание воды прекратиться и никаких изменений в системе происходить не будет. Максимальная сила Архимеда, действующая на сосуд при уровне воды в поддоне $Z_м$, равна $F_А = \rho gSZ_м = 7{,}5$ Н. При этом в высоком сосуде остается столб воды высотой h_0, на который действует сила тяжести $F_т = \rho gSh_0 = 10$ Н. Давление сосуда на дно поддона в этот момент $P_{мин} = (F_т - F_А)/S = 250$ Па.

График зависимости $P(t)$ представлен на рисунке.

Критерии оценивания

1.	Определено время заполнения низкого сосуда	1 балл
2.	Определено давление высокого сосуда на дно поддона в момент заполнения низкого сосуда	1 балл
3.	Определено общее время вытекания воды из высокого сосуда	1 балл
4.	Определен максимальный уровень воды в поддоне	2 балла
5.	Определена максимальная сила Архимеда	1 балл

6. Определено минимальное давление низкого сосуда на дно поддона — 2 балла
7. Представлен правильный график зависимости $P(t)$ — 2 балла
   a. Подписаны оси и указаны единицы измерения, выбран удобный масштаб с равными делениями — 0,5 балла
   b. Наличие трех участков на графике — 0,5 балла
   c. Верно нанесены характерные точки изломов — 1 балл

10 класс

Задача 1. Шарик в полете. В баллистической лаборатории получили зависимость значений скорости υ брошенного вверх шарика от его высоты h над уровнем стола (таблица). Результаты измерений для последовательных моментов времени представлены в таблице.

- Известно, что в одном из измерений (возможно и в первом) скорость была определена неверно. Найдите в каком. Для этого постройте график с результатами измерений в таких координатах, в которых он должен быть линейным.
- Рассчитайте максимальную высоту подъема шарика над столом?
- Через какое время после первого измерения шарик упал на стол?

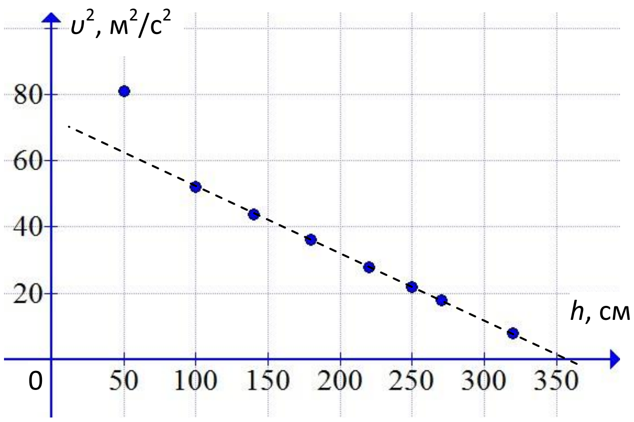
Ускорение свободного падения g = 9,8 м/с^2.

№	1	2	3	4	5	6	7	8
h, см	100	180	220	270	320	250	140	50
υ, м/с	7,2	6,0	5,3	4,2	2,8	4,7	6,6	9,0

Возможное решение

Из закона сохранения энергии $\frac{m\upsilon_0^2}{2} = \frac{m\upsilon^2}{2} + mgh$ получаем: $\upsilon^2 = \upsilon_0^2 - 2gh$, где υ_0 –скорость на уровне стола. Следовательно, зависимость скорости от высоты будет линейной, например, в осях $\upsilon^2(h)$.

Нанесем экспериментальные точки на поле графика с осями υ^2 и h.



Все точки, кроме соответствующей h = 50 м, лежат на одной прямой, пересекающей ось h в районе H = 365 см. Это и будет максимальной высотой подъема. Время полета с высоты h_1 =

100 см до падения, с начальной скоростью 7,2 м/с можно найти, решив квадратное уравнение $0 = 1 + 7,2t - 9,8t^2 / 2$, выбрав положительный корень t =1,6 с.

Критерии оценивания

1. Теоретическое обоснование линейности зависимости υ^2 от h — 2 балла
2. График — 3 балла
   - подписаны величины и единицы измерения на осях — 1 балл
   - оцифрованы деления через равные интервалы — 1 балл
   - верно нанесенные точки, соединенные гладкими линиями (не ломаными) — 1 балл
3. Найдена точка выброса — 1 балл
4. Определена максимальная высота подъема (±5%) — 2 балла
5. Найдено время полета с высоты 100 см до падения (±5%) — 2 балла

Задача 2. Кап-кап-кап. Маленький шарик, заполненный водой, подвешен на нити длиной L. В нижней точке шарика имеется маленькое отверстие, из которого без начальной скорости, очень часто, вытекают капельки воды. Под шариком на расстоянии h от него расположена горизонтальная плоскость. Нить с шариком отклоняют от вертикали на угол φ_0 (φ_0 <<1) и отпускают. При каком значении h капелька, оторвавшаяся от шарика в его нижнем положении, попадает на плоскости в ту же точку, в которую попадает капелька, оторвавшаяся от шарика в момент его максимального отклонения от вертикали? Сопротивлением воздуха пренебречь.
Примечание: при $\varphi << 1$ $\sin\varphi \approx \varphi$, $\cos\varphi \approx (1 - \varphi^2/2)$, где угол φ выражен в радианах.

Возможное решение

В нижнем положении скорость шарика и, соответственно, оторвавшейся от него капли, горизонтальна. Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{m\upsilon^2}{2} = mgL(1 - \cos\alpha) \approx mgL\frac{\varphi^2}{2}.$$

Из него следует:

$$\upsilon = \varphi_0(gL)^{1/2}. \qquad (1)$$

Время падения капли с высоты h при нулевой вертикальной составляющей скорости

$$t = (2h/g)^{½}.$$

Таким образом, капля, оторвавшаяся от шарика в нижнем положении, попадет на плоскость на расстоянии x_0 от точки O.

$$x_0 = \upsilon t = \varphi_0(2hL)^{1/2}. \qquad (2)$$

В то же время, капля, оторвавшаяся от шарика в положении максимального отклонения, падает вертикально также на расстоянии X_0 от точки О, при этом

$$x_0 = L\sin\varphi_0 \sim L\varphi_0. \qquad (3)$$

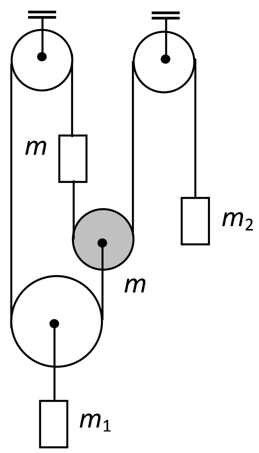
Приравнивая (2) и (3), получаем $h = L/2$.

Примечание: Детальный анализ зависимости x от угла отклонения φ шарика показывает, что при движении шарика из нижнего положения горизонтальное расстояние до точки падения сначала становится большим чем x_0 (в первый момент скорость остается практически такой же, как и в нижней точке, а угол «броска» начинает увеличиваться), а затем возвращается обратно в положение x_0.

Критерии оценивания

1.	Идея использования закона сохранения энергии	2 балла
2.	Определена скорость шарика в нижней точке	2 балла
3.	Записано время падения капли, оторвавшейся в нижнем положении	1 балл
4.	Определено расстояние X_0 для капли, оторвавшейся в нижнем положении	2 балла
5.	Определено расстояние X_0 для капли, оторвавшейся в верхнем положении	1 балл
6.	Получено значение h	2 балла

Задача 3. Равновесие (2). Система состоит из нескольких грузов, подвешенных на невесомых нитях, перекинутых через невесомые и один массивный (выделен серым цветом) блоки. Масса $m = 1$ кг. Определите, при каких значениях масс m_1 и m_2 система будет находиться в равновесии. Трения в осях блоков нет.



Возможное решение

Обозначим силу натяжения правой нити за T_2, а левой за T_1. Тогда условия равенства нулю суммы вертикальных сил, действующих на элементы системы, примут вид:

1) для груза m_2: $\quad m_2 g = T_2$

2) для блока m: $\quad mg = 2T_2 - T_1$

3) для груза m_1: $m_1 g = 2T_1$

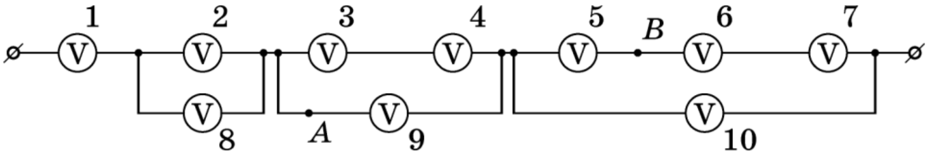
4) для груза m: $mg = T_1 - T_2$

Решая систему уравнений, получим: $m_1 = 6m = 6$ кг, $m_2 = 2m = 2$ кг.

Критерии оценивания

1.	Условие равновесия груза m_2	2 балла
2.	Условие равновесия блока m	2 балла
3.	Условие равновесия груза m_1	2 балла
4.	Условие равновесия груза m	2 балла
5.	Решение системы уравнений и получение численного ответа	2 балла

Задача 4. Вольтметры, вольтметры… Электрическая цепь составлена из 10 одинаковых вольтметров. Показания вольтметра №1 равно U_1 = 12 В. Определите показания остальных вольтметров и напряжение между точками A и B.



Возможное решение

1. Показания вольтметра U определяются силой тока I, текущего через него: $U = IR$, где R – сопротивление вольтметра.
2. При параллельном соединении приборов сила тока делится в отношении, обратном сопротивлениям участков, поэтому $I_2 = I_8 = I_1 / 2$;

   $I_3 = I_4 = I_9 / 2 = I_1 / 3; I_5 = I_6 = I_7 = I_{10} / 3 = I_1 / 4$.
3. Из пп.1 и 2 получаем вольтметров:

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	12	6	4	4	3	3	3	6	8	9

4. Напряжение между точками A и B цепи равно $U_{AB} = U_9 + U_5 = 11\,\text{В}$.

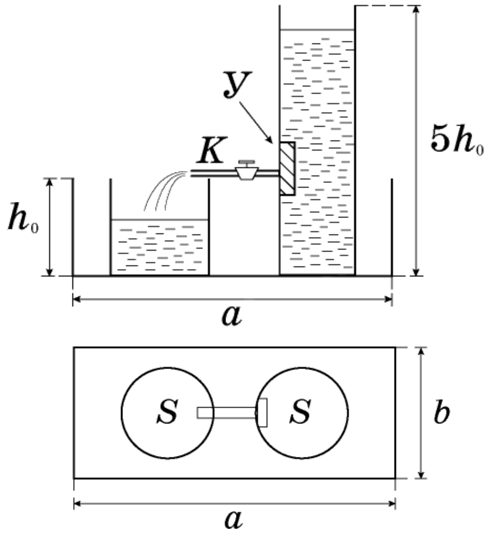
Примечание: общее напряжение в цепи: $U_0 = U_1 + U_8 + U_9 + U_{10} = 35\,\text{В}$.

Критерии оценивания

1.	Отмечена связь силы тока, текущего через вольтметр, с его сопротивлением	1 балл
2.	Найдена сила тока, текущего через вольтметры 2 и 8	1 балл

3. Найдена сила тока, текущего через вольтметры 3 и 9 — 2 балла
4. Найдена сила тока, текущего через вольтметры 5 и 10 — 2 балла
5. Найдено напряжение на каждом из ворльтметров — 3 балла
6. Найдено напряжение на участке AB — 1 балл

Задача 5. Из полного в порожнее (4). В прямоугольном поддоне с размерами $a = 30$ см, $b = 20$ см и высотой бортика $h_0 = 10$ см стоят легкие цилиндрические сосуды с площадью основания $S = 100$ см^2 каждый (рис.1). Высота первого сосуда h_0, а второго $5h_0$. Днища сосудов и поддона тщательно отполированы, так что **вода под сосуды не подтекает**. В высокий сосуд через отверстие в стенке вставлена тонкая трубка с краном K, второй конец которой лежит на стенке низкого сосуда.



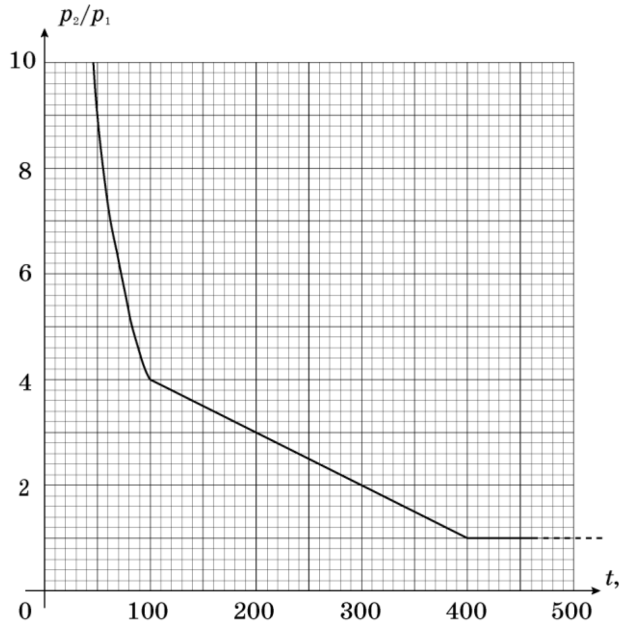
В этом положении трубка горизонтальна. Благодаря наличию устройства $У$, при открытом кране уровень воды в высоком сосуде понижается с постоянной скоростью $\upsilon = 1{,}0$ мм/с. Первоначально в низком сосуде и поддоне воды нет, а уровень воды в высоком сосуде равен $5h_0$. В момент времени $t = 0$ кран открывают. Постройте график зависимости отношения давлений $\alpha = p_2/p_1$ от времени после открывания крана, (p_1 –давление низкого сосуда на дно поддона, p_2 – давление высокого сосуда на дно поддона). Отметьте на осях графика величины α и t в характерных точках – излома, максимума или минимума. Атмосферное давление не учитывайте.

Возможное решение

Так как площади сечения сосудов одинаковы, уровень воды h_1 в низком сосуде повышается с той же скоростью, с какой понижается уровень воды h_2 в высоком сосуде. $h_1 = \upsilon t$;

$$h_2 = 5h_0 - \upsilon t.$$

Заполнение низкого сосуда происходит в течение времени $t_1 = h_0/\upsilon = 100$ с после открытия крана и давление,



оказываемое низким сосудом на дно поддона, равномерно возрастает $P_\mathbf{1}(t) = \rho g h_1 = \rho g \upsilon t$. В то же время давление, оказываемое высоким сосудом на дно поддона, равномерно убывает $P_2(t) = \rho g(5h_0 - \upsilon t)$. В интервале времени $0 < t < 100$ с отношение давлений $\alpha(t) = P_2(t)/P_1(t) = (5h_0/\upsilon t) - 1$, т.е. уменьшается по гиперболическому закону от бесконечности при $t = 0$ до $\alpha = 4$ при $t = t_1 = 100$ с. Начиная с этого момента низкий сосуд остается заполненным, вода вытекает в поддон, но сила Архимеда не возникает, так как вода под сосуды не подтекает по условию задачи, давление $P_1 = \rho g h_0$ не зависит от времени. Из высокого сосуда вода продолжает вытекать с той же скоростью до выравнивания уровней воды в сосудах, т.е. до $t_2 = 400$ с. При этом по прежнему $P_2(t) = \rho g(5h_0 - \upsilon t)$. Следовательно, в интервале времени $100 < t < 400$ с

$$\alpha(t) = P_2(t)/P_1(t) = 5 - \upsilon t/h_0,$$

т.е. уменьшается линейно от $\alpha = 4$ при $t = t_1 = 100$ с до $\alpha = 1$ при $t = t_2 = 400$ с. При $t > 400$ с переливание воды прекращается и сосуды оказывают на одно одинаковое давление, $\alpha = 1$. График зависимости $\alpha(t)$ представлен на рисунке.

Критерии оценивания:

1.	Определено время t_1 заполнения низкого сосуда	1 балл
2.	Определена зависимость $P_1(t)$ от времени при $t < 100$ с	1 балл
3.	Определена зависимость $P_2(t)$ от времени при $t < 100$ с	1 балл
4.	Определена зависимость $\alpha(t)$ от времени при $t < 100$ с	1 балл
5.	Определено время t_2 прекращения переливания воды	1 балл
6.	Определена зависимость $P_1(t)$ от времени при $100 < t < 400$ с	1 балл
7.	Определена зависимость $P_2(t)$ от времени при $100<t<400$ с	1 балл
8.	Определена зависимость $\alpha(t)$ от времени при $100 < t < 400$ с	1 балл
9.	Представлен правильный график зависимости $P(t)$ (Наличие трех участков на графике – 1 балл, верно указаны все координаты двух характерных точек – 1 балл).	2 балла

11 класс

Задача 1. Перепутанные шарики. В баллистической лаборатории исследовались зависимости значений скорости υ шарика, выпущенного вверх из небольшой катапульты, стоящей на столе, от высоты h его подъема над уровнем стола. К сожалению, в спешке в таблицу с результатами измерений попали данные для двух разных шариков.

- Определите, какие данные относятся к одному, а какие к другому шарику. Для этого постройте график с результатами измерений в таких координатах, в которых он должен быть линейным.
- Рассчитайте, во сколько раз отличаются максимальные высоты подъема шариков над столом.
- Определите времена полета шариков?

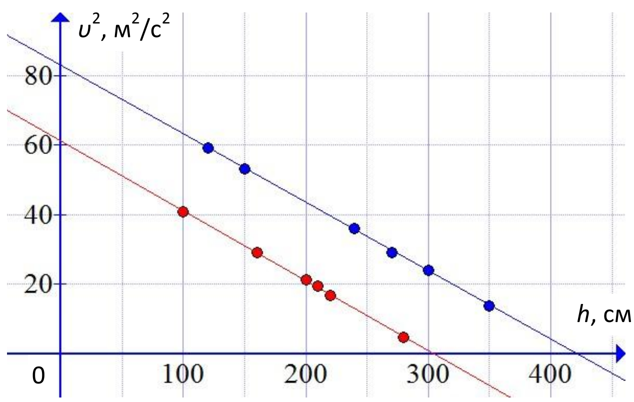
Ускорение свободного падения g = 9,8 м/с^2.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
h, см	220	240	350	150	280	160	270	120	300	210	100	200
υ, м/с	4,1	6,0	3,7	7,3	2,2	5,4	5,5	7,7	4,9	4,4	6,4	4,6

Возможное решение

Из закона сохранения энергии $\dfrac{m\upsilon_0^2}{2}=\dfrac{m\upsilon^2}{2}+mgh$ получаем: $\upsilon^2=\upsilon_0^2-2gh$, где υ_0 –скорость на уровне стола. Следовательно, зависимость скорости от высоты будет линейной, например, в осях $\upsilon^2(h)$.

Нанесем экспериментальные точки на поле графика с осями υ^2 и h.



Все точки хорошо разделяются, ложась на две прямые. Таким образом, одному шарику принадлежат точки:

№	1	2	3	4	5	6
h, см	120	150	240	270	300	350
υ, м/с	7,7	7,3	6,0	5,5	4,9	3,7

а другому:

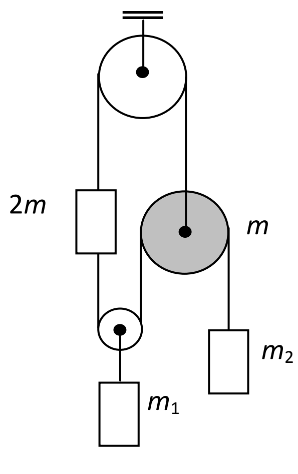
№	1	2	3	4	5	6
h, см	100	160	200	210	220	280
υ, м/с	6,4	5,4	4,6	4,4	4,1	2,2

Прямые пересекают ось h в точках 310 см и 425 см. Это максимальные высоты подъема шариков. Время полета шарика может быть найдено, как удвоенное время падения без начальной скорости с максимальной высоты $t = 2\sqrt{2h/g}$. Для одного шарика t_1 = 1,6 с, а для другого t_2 = 1,9 с.

Критерии оценивания

1. Теоретическое обоснование линейности зависимости υ^2 от h — 2 балла
2. График — 3 балла
   - подписаны величины и единицы измерения на осях — 1 балл
   - оцифрованы деления через равные интервалы — 1 балл
   - верно нанесенные точки, соединенные гладкими линиями (не ломаными) — 1 балл
3. Определены максимальные высоты подъема (±5%) — 2 балла
4. Выражение для определения времени падения — 1 балл
5. Найдены времена полета (±5%) — 2 балла

Задача 2. Равновесие. Система состоит из нескольких грузов, подвешенных на невесомых нитях, перекинутых через невесомые и один массивный (выделен серым цветом) блоки. Масса m = 1,0 кг. Определите, при каких значениях масс m_1 и m_2



система будет находиться в равновесии. Трения в осях блоков нет.

Возможное решение

Обозначим силу натяжения верхней нити за T_1, а нижней за T_2. Тогда условия равенства нулю суммы вертикальных сил, действующих на элементы системы, примут вид:

1) для груза m_2: $m_2 g = T_2$

2) для блока m: $mg = T_1 - 2T_2$

3) для груза m_1: $m_1 g = 2T_2$

4) для груза $2m$: $2mg = T_1 - T_2$

Решая систему уравнений, получим: $m_1 = 2m$ = 2 кг, $m_2 = m$ = 1 кг.

Критерии оценивания

1. Условие равновесия груза m_2 — 2 балла
2. Условие равновесия блока m — 2 балла
3. Условие равновесия груза m_1 — 2 балла
4. Условие равновесия груза $2m$ — 2 балла
5. Решение системы уравнений и получение численного ответа — 2 балла

Задача 3. Диссоциация. Идеальный двухатомный газ, находящийся в герметичном сосуде объемом V_0, нагревают от температуры T_0 до температуры $2T_0$, в результате чего он полностью диссоциирует на атомы. При этом степень диссоциации газа (доля распавшихся молекул) в указанном диапазоне прямо пропорциональна его температуре. Изобразите этот процесс в осях p-V, V-T и ν-p, где p, V, T и ν – давление, объем, температура и количество вещества, соответственно.

Возможное решение

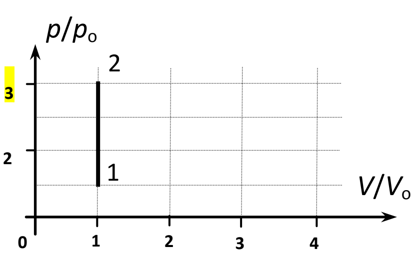
Степень диссоциации $\alpha = T/(2T_0)$. Тогда $pV_0 = \nu_0(1+\alpha)RT$.

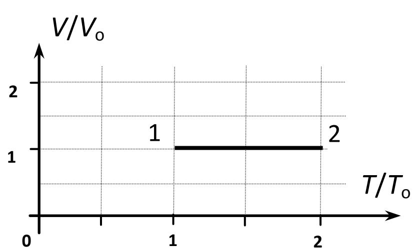
Дважды записав уравнение состояния для начального и конечного состояния:

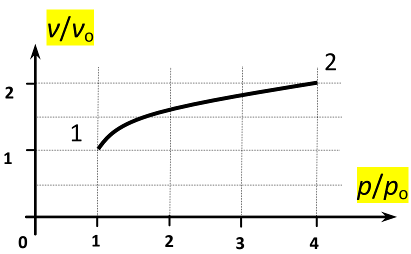
$p_0V_0 = \frac{3}{2}\nu_0RT_0$ и $p_кV_0 = 4\nu_0R2T_0$, получим $p_к = \frac{8}{3}p_0$.

С учетом того, что объем сосуда не изменяется, получим $\frac{p}{p_0} = \frac{4}{3}\left(\left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^2 - \frac{\nu}{\nu_0}\right)$. Решая квадратное уравнение получим $\nu = \frac{\nu_0}{2}\left(1+\sqrt{1+\frac{3p}{p_0}}\right)$.

Искомые зависимости имеют вид:







Критерии оценивания

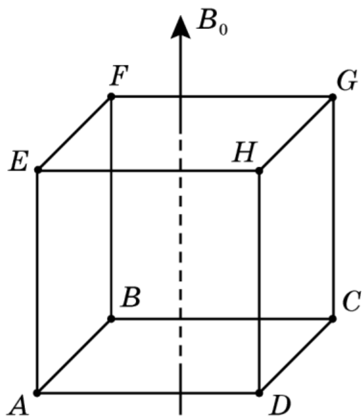
1. Записано уравнение для начального состояния идеального газа — 1 балл
2. Записано уравнение для конечного состояния идеального газа — 1 балл

3. Найдено конечное давление 1 балл
4. Построен график на осях *p*-*V* 1 балл
5. Построен график на осях *V*-*T* 1 балл
6. Получена зависимость *v*(*p*) 3 балла
7. Построен график на осях *v*-*p* 2 балла

4. Кубики в магнитном поле. Проволочный каркас в форме куба помещен в однородное магнитное поле, модуль индукции которого изменяется со временем по закону $B_0 = kt$, где $k > 0$. Сопротивления каждого из ребер равно *R*. Длина ребра *a*. Определите направление и величину силы тока, протекающего через каждое из ребер. Рассмотрите случай, когда вектор индукции магнитного поля:

а) параллелен ребру *AE* (рис. 1);

б) параллелен малой диагонали *AC* (рис. 2).



РРис. 1

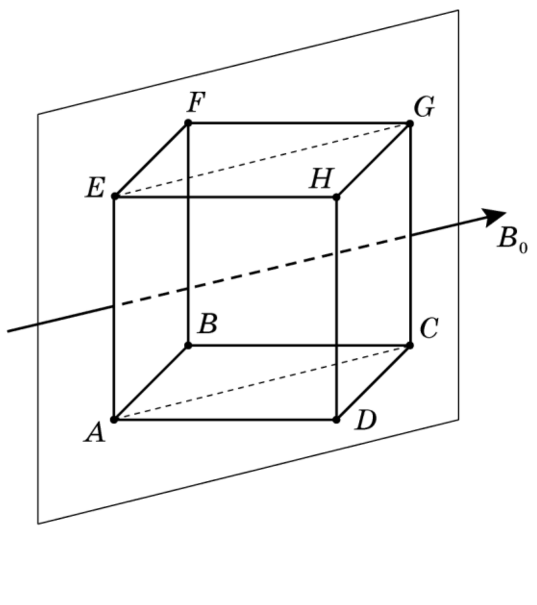


Рис. 2

Возможное решение

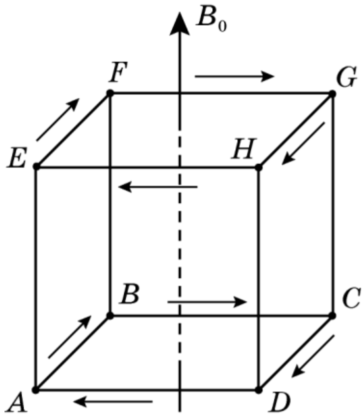
Решение п. а)

1. ЭДС индукции, возникающая в контурах *ABCD* и *EFGH*, $\varepsilon_i = ka^2$.

2. По ребрам *AE*, *BF*, *CG* и *DH* ток не идет.

3. Сила тока в остальных ребрах одинакова и равна $I = \dfrac{\varepsilon_i}{4R} = \dfrac{ka^2}{4R}$.

4. Направления токов показаны на рис. 1.



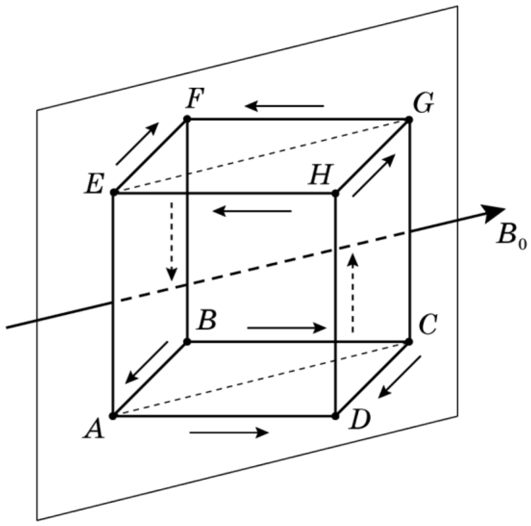


Рис. 1 Рис. 2

Решение п. б)

1. Представим поле $\vec{B}$ как суперпозицию двух полей: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$, где $\vec{B}_1$ – параллельно ребру *AB*, а $\vec{B}_2$ – параллельно ребру *AD*. Модули векторов магнитной индукции $B_1 = B_2 = B/\sqrt{2}$.

2. Расчёт токов, создаваемых полями $\vec{B}_1$ и $\vec{B}_2$ аналогичен случаю а).

3. Сила тока в каждом из ребер определяется наложением получившихся картин.

4. В итоге, ток через ребра *AE* и *CG* не течет. Сила тока в ребрах *AB*, *AD*, *EH*, *EF*, *DC*, *CB*, *FG*, *GH* равна $I = \dfrac{ka^2}{4\sqrt{2}R}$. Сила тока в ребрах *BF* и *HD* равна $2I = \dfrac{\sqrt{2}ka^2}{4R}$.

Критерии оценивания

Решение п. а)

1. Найдена ЭДС индукции, возникающая в контурах *ABCD* и *EFGH*,

   $\varepsilon_i = ka^2$ 1 балл

2. Указано, что по ребрам *AE*, *BF*, *CG* и *DH* ток не идет 1 балл

3. Найдена сила тока в остальных ребрах : $I = \dfrac{\varepsilon_i}{4R} = \dfrac{ka^2}{4R}$ 1 балл

4. Правильно определены направления токов 1 балл

<u>Решение п. б)</u>

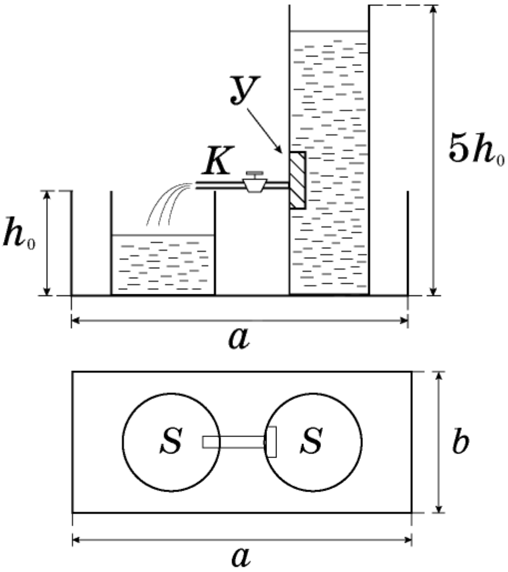
5. Указано, что ток через ребра *AE* и *CG* не течет 1 балл

6. Найдена сила тока в ребрах *AB, AD, EH, EF, DC, CB, FG, GH*: $I = \dfrac{ka^2}{4\sqrt{2}R}$ 2 балла

7. Найдено, что сила тока в ребрах *BF* и *HD* равна $2I$ 1 балл

8. Правильно определены направления токов 2 балла

Задача 5. Из полного в порожнее (5). В прямоугольном поддоне со сторонами $a = 30$ см, $b = 20$ см и высотой бортика $h_0 = 10$ см стоят лёгкие цилиндрические сосуды с площадью основания $S = 100$ см^2 каждый (рис. 1). Высота первого сосуда h_0, а второго $5h_0$. Дно поддона шероховатое. В высокий сосуд через отверстие в стенке вставлена тонкая трубка с краном *К*, второй конец которой лежит на стенке низкого сосуда (рис. 1). В этом положении трубка горизонтальна. Первоначально в низком сосуде и поддоне воды нет, а уровень воды в высоком сосуде равен $5h_0$. В момент времени $t = 0$ кран *К* открывают. Благодаря наличию устройства *У*, уровень воды в высоком сосуде понижается с постоянной скоростью $\upsilon = 1{,}0$ мм/с. Постройте график зависимости отношения давлений $\alpha = p_2/p_1$ от времени после открывания крана, (p_1 – давление низкого сосуда, а p_2 – давление высокого сосуда на дно поддона). Отметьте на осях графика значения величин α и *t* в характерных точках – излома, максимума или минимума.



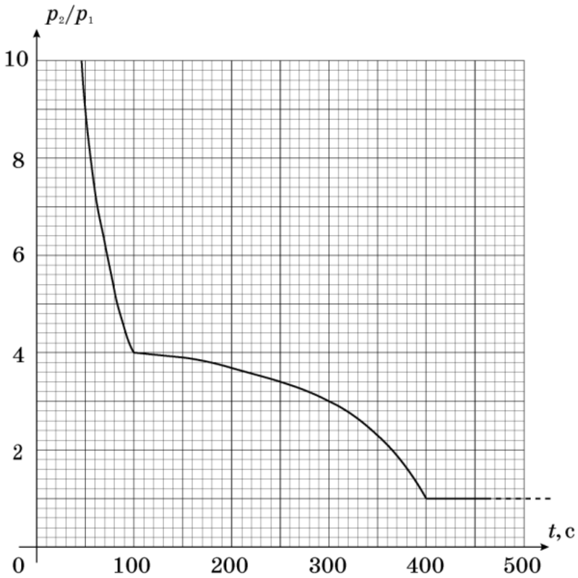
Возможное решение

Так как площади сечения сосудов одинаковы, уровень воды h_1 в низком сосуде повышается с той же скоростью, с какой понижается уровень воды h_2 в высоком сосуде. $h_1 = \upsilon t$; $h_2 = 5h_0 - \upsilon t$.

Заполнение низкого сосуда происходит в течение времени

$$t_1 = h_0/\upsilon = 100 \text{ с} \quad (1)$$

после открытия крана и давление, оказываемое низким сосудом на дно поддона, равномерно возрастает $P_1(t) = \rho g h_1 = \rho g \upsilon t$. В то же время давление, оказываемое высоким сосудом на дно поддона, равномерно убывает $P_2(t) = \rho g(5h_0 - \upsilon t)$. В интервале времени $0 < t < 100$ с отношение давлений $\alpha(t) = P_2(t)/P_1(t) = (5h_0/\upsilon t) - 1$, т.е. уменьшается по гиперболическому закону от бесконечности при $t = 0$ до $\alpha = 4$ при $t = t_1 = 100$ с.



До этого момента решение задачи не отличается от решения задачи для 10 класса.

В интервале времени $100 < t < 400$ с вода выливается в поддон, подтекает под сосуды и на них действует возрастающая со временем сила Архимеда $F_A = \rho g V = \rho g S Z$, где Z – уровень воды в сосуде. Зависимость Z от времени для $t > t_1$ находится из условия равенства объема вылившейся из высокого сосуда воды $V = \upsilon(t - t_1)S$ и объема воды, заполняющей поддон. Площадь поверхности воды в поддоне равна площади дна поддона минус две площади сечения сосудов, следовательно, объем воды в поддоне $V = Z(ab - 2S)$.

Приравнивая объемы, получаем

$$Z = (\upsilon(t - t_1)S)/(ab - 2S) \quad (2)$$

Давление низкого сосуда на дно поддона определяется выражением

$$P_1(t) = \rho g h_0 - F_A/S = \rho g(h_0 - Z) \quad (3)$$

Давление высокого сосуда определяется выражением

$$P_2(t) = \rho g(5h_0 - \upsilon t) - F_A/S = \rho g(5h_0 - \upsilon t) - \rho g Z \quad (4)$$

Подставляя в (1) – (4) численные значения известных величин, получаем выражение для зависимости отношения давлений от времени (в интервале $100 < t < 400$ с) в виде:

$$\alpha(t) = P_2/P_1 = (2100 - 5t)/(500 - t) \quad (5)$$

Подставляя в (5) $t = 100$ с, получаем $\alpha = 4$, а при $t = 400$ с $\alpha = 1$, что соответствует здравому смыслу и результатам решения задач для 8, 9 и 10 классов.

График зависимости $\alpha(t)$ представлен на рисунке.

Критерии оценивания

1. Определено время t_1 заполнения низкого сосуда 0,5 балла
2. Определена зависимость $P_1(t)$ от времени при $t < 100$ с 0,5 балла
3. Определена зависимость $P_2(t)$ от времени при $t < 100$ с 0,5 балла
4. Определена зависимость $\alpha(t)$ от времени при $t < 100$ с 1 балл
5. Определено время t_2 прекращения переливания воды 0,5 балла
6. Определена зависимость $P_1(t)$ от времени при $100 < t < 400$ с 1 балл
7. Определена зависимость $P_2(t)$ от времени при $100 < t < 400$ с 1 балл
8. Определена зависимость $\alpha(t)$ от времени при $100 < t < 400$ с 2 балла
9. Представлен правильный график зависимости $P(t)$ 3 балла

(Наличие на графике трех участков качественно правильной формы (всех трех) 2 балла, верно указаны координаты двух характерных точек (четыре значения) 1 балл).