

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ФИЗИКЕ

для поступающих  
в СПбГУ на программы основного общего образования и среднего общего образования  
для обучения в Академической гимназии им. Д.К. Фаддеева СПбГУ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019

## АННОТАЦИЯ

*В методических указаниях приводится программа вступительных испытаний по физике в СПбГУ на программы основного общего образования и среднего общего образования для обучения в Академической гимназии им. Д.К.Фаддеева СПбГУ. Подробно описана структура экзаменационных заданий 2018 года, приведены варианты с подробными решениями задач и с критериями оценивания. Прилагаются тренировочные задачи для самостоятельного решения.*

*Составители:*

*Власенко Сергей Сергеевич*

*Жуков Алексей Сергеевич*

*Носова Дарья Алексеевна*

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Программы вступительных испытаний</b>	<b>5</b>
2.1	8 класс . . . . .	5
2.1.1	Основные определения и понятия . . . . .	5
2.1.2	Структура экзаменационного варианта. . . . .	6
2.1.3	Критерии оценивания . . . . .	6
2.2	10 класс . . . . .	8
2.2.1	Основные вопросы и темы. . . . .	8
2.2.2	Структура экзаменационного варианта. . . . .	10
2.2.3	Критерии оценивания . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Примеры заданий для поступающих в 8 класс</b>	<b>11</b>
3.1	Решение варианта вступительных испытаний . . . . .	11
3.2	Решение типовых задач части С . . . . .	18
3.3	Вариант вступительных испытаний для самостоятельного решения . . . . .	25
3.4	Типовые задачи части С для самостоятельного решения . . . . .	28
<b>4</b>	<b>Примеры заданий для поступающих в 10 класс</b>	<b>30</b>
4.1	Решение варианта вступительных испытаний . . . . .	30
4.2	Решение типовых задач части С . . . . .	42
4.3	Вариант вступительных испытаний для самостоятельного решения . . . . .	49
4.4	Типовые задачи части С для самостоятельного решения . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Справочные данные</b>	<b>56</b>
<b>6</b>	<b>Ответы к заданиям для самостоятельного решения</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Список рекомендованной литературы</b>	<b>59</b>

# 1 Введение

Среди всех наук о природе физика занимает особое место, так как она изучает наиболее фундаментальные и универсальные закономерности, лежащие в основе всех естественных явлений и процессов - астрономических, геологических, химических, биологических. Поэтому ее изучение составляет неотъемлемую часть полноценного современного образования. Огромное количество специальностей, особенно связанных с техникой и естественными науками, требует в настоящее время глубоких знаний по физике. Фундамент для таких знаний закладывается еще в школе, поэтому очень важно создать способным и мотивированным ученикам условия для углубленного изучения этой науки. Её профильное изучение предусмотрено прежде всего на основных образовательных программах "Конвергенция и наукоемкие технологии" и "Математика и Физика" основного общего и среднего общего образования СПбГУ, реализуемых Академической гимназией им. Д.К. Фаддеева. Понятно, что успешное освоение углубленных программ требует от учеников определенного уровня подготовки, поэтому при поступлении на эти программы предусмотрены вступительные испытания по физике.

Данное пособие ориентировано на тех, планирует поступать в Академическую гимназию и стремится лучше подготовиться к вступительным испытаниям. Оно знакомит со структурой и объемом экзаменационных вариантов, примерным уровнем сложности заданий, требованиями к полноте решений. Данное пособие никоим образом не предназначено для полноценной подготовки к вступительным испытаниям и не может заменить соответствующие учебники и задачники, предусмотренные школьной программой.

Вступительные испытания по физике в Академическую гимназию на образовательные программы "Конвергенция и наукоемкие технологии" и "Математика и Физика" проводятся в 8-е и 10-е классы, поэтому данное пособие содержит экзаменационные материалы для обеих параллелей. В разделе 2 представлены программы вступительных испытаний, описана структура экзаменационных вариантов и приведены критерии оценивания экзаменационных работ. Раздел 3 посвящен заданиям для поступающих в 8-е классы, в нем подробно разобраны один из вариантов 2018 года и несколько типовых задач, предлагавшихся в последние годы, а также представлены вариант 2018 года и задачи части С для самостоятельного решения. В разделе 4 содержится аналогичная информация для поступающих в 10-е классы. Для удобства читателей в пособии использована сквозная составная нумерация заданий. Первое число - номер класса (8 или 10), второе - номер секции (блока) в каждом разделе, третье - порядковый номер задания в каждом блоке. В реальных вариантах вступительных испытаний все требуемые для решения заданий справочные данные содержатся в раздаваемых экзаменационных материалах, в данном пособии все необходимые сведения собраны в один раздел 5. В конце пособия приведен список рекомендованной литературы и ответы к заданиям для самостоятельного решения.

Надо отметить, что тестовые задания, включенные в каждый вариант, составлены на основе материалов открытого банка заданий ОГЭ (ГИА-9) по физике ФИПИ ([www.fipi.ru](http://www.fipi.ru)), а задачи, требующие развернутого решения, разработаны преподавателями физики Академической гимназии им. Д.К. Фаддеева.

## 2 Программы вступительных испытаний

### 2.1 Программа вступительного испытания по физике для поступающих в 8 класс на основную образовательную программу среднего общего образования на физико-математический профиль.

Экзаменационная работа разрабатывается, исходя из необходимости проверки следующих видов деятельности.

1. Владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики.
  - 1.1. Понимание смысла понятий.
  - 1.2. Понимание смысла физических величин.
  - 1.3. Понимание смысла физических законов.
  - 1.4. Умение описывать и объяснять физические явления.
2. Владение основами знаний о методах научного познания.
3. Решение задач различного типа и уровня сложности.
4. Понимание текстов физического содержания.

#### 2.1.1 Основные определения и понятия

- 1.1 Что изучает физика: наблюдения и опыты.
- 1.2 Физические величины, измерение величин: точность и погрешность измерений.
- 1.3 Строение вещества и молекулы: от Демокрита до Коллайдера.
- 1.4 Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах: как происходит, где быстрее.
- 1.5 Три состояния вещества: молекулярное строение твердых тел, жидкостей и газов.
- 1.6 Механическое движение: равномерное и неравномерное.
- 1.7 Скорость в физике: единицы скорости.
- 1.8 Расчет пути, скорости и времени движения: равномерное и неравномерное.
- 1.9 Явление инерции: в чем заключается и примеры из жизни.
- 1.10 Взаимодействие тел: мера и виды взаимодействия.
- 1.11 Масса тела: измерение массы на весах.
- 1.12 Плотность вещества: формула, расчет.
- 1.13 Расчет массы и объема тела по его плотности: объяснение и примеры.
- 1.14 Сила: явление тяготения и сила тяжести.
- 1.15 Сила упругости: закон Гука.
- 1.16 Вес тела в физике: формула, масса, сила тяжести.
- 1.17 Единицы силы: Ньютон.
- 1.18 Связь между силой тяжести и массой тела: динамометр.
- 1.19 Сила трения: виды (покоя, скольжения, качения), причины, польза и вред.
- 1.20 Трение в природе, быту и технике.
- 1.21 Давление: единицы давления.
- 1.22 Способы уменьшения и увеличения давления.
- 1.23 Давление газа.
- 1.24 Закон Паскаля: формула и применение.
- 1.25 Давление в жидкости и газе.
- 1.26 Расчет давления на дно и стенки сосуда.

- 1.27 Сообщающиеся сосуды.
- 1.28 Вес воздуха: атмосферное давление.
- 1.29 Измерение атмосферного давления и Опыт Торичелли: формула.
- 1.30 Барометр-анероид и атмосферное давление на различных высотах.
- 1.31 Манометры: трубчатый металлический и жидкостный, принцип действия.
- 1.32 Гидравлический пресс: принцип действия.
- 1.33 Действие жидкости и газа на погруженное в них тело.
- 1.34 Архимедова сила.
- 1.35 Плавание тел: условия плавания тел, водоизмещение судна.
- 1.36 Плавание судов: как это происходит, значение ватерлинии и водоизмещения.
- 1.37 Воздухоплавание в физике.
- 1.38 Механическая работа: определение и формула.
- 1.39 Мощность: формула и применение в физике.
- 1.40 Простые механизмы и их применение: рычаг, равновесие сил на рычаге.
- 1.41 Момент силы: правило и применение.
- 1.42 Рычаги в природе, быту и технике.
- 1.43 Приложение закона равновесия рычага к блоку: золотое правило механики.
- 1.44 Коэффициент полезного действия механизмов: расчет, формула + примеры.
- 1.45 Энергия: потенциальная и кинетическая энергия.
- 1.46 Превращение энергии: закон сохранения энергии.

### **2.1.2 Структура экзаменационного варианта.**

Вступительный экзамен по физике будет проводиться в формате, приближенном к ОГЭ. Продолжительность вступительного испытания 2 часа. Экзаменационные задания разбиты на два раздела: «А» и «С». В тестовой части «А» имеется 10 вопросов. На каждый из них дается 4 варианта ответа под номерами («1», «2», «3» и «4»). Только один из предлагаемых ответов считается правильным. Номер этого ответа («1», «2», «3» или «4») Вам нужно определить и записать его в графе таблицы под соответствующим номером вопроса. Таблица расположена в конце части «А». Решений приводить не надо! В разделе «С» предлагается 5 полноценных задач. Чтобы получить максимальный балл, необходимо представить развернутое решение с правильными ответами на все вопросы, поставленные в задаче. Ответы следует внести в соответствующую графу таблицы «С». Развернутое решение предполагает наличие всех необходимых формул с их обоснованием и последовательными преобразованиями, ведущими к численному ответу. В решении возможно (в некоторых задачах это необходимо) использование рисунков.

### **2.1.3 Критерии оценивания**

В тестовой части «А» проверяется только таблица. За каждый правильный ответ дается 4 балла. Т.о. максимальное количество первичных баллов за часть «А» - 40. В разделе «С» максимальный первичный балл за каждую из четырех задач равен 4. Балл снижается (до «3», «2», «1» или «0») за ту или иную степень неполноты решения. Таким образом, максимальное количество первичных баллов в части «С» - 20. Один балл снимается, например, за одну ошибку в арифметических расчетах или алгебраических преобразованиях; два балла снимаются за отсутствие обоснования применяемой

формулы, необходимого рисунка, размерности в ответе, необоснованное переобозначение уже введенной величины. Три балла снимаются за большее количество ошибок, отсутствие хотя бы одной существенной формулы. Четыре балла снимаются за совокупность перечисленных недоработок и за голословный правильный ответ. Баллы, полученные в каждой части, суммируются. Первичные баллы части «С» переводятся в тестовые баллы умножением на коэффициент 3. Итоговая сумма баллов получается суммированием баллов за часть «А» и тестовых баллов за часть «С» Максимальное количество итоговых баллов за часть «А» - 40, за часть «С» - 60.

Тестовые баллы, полученные в каждой части, суммируются. Максимальное количество итоговых тестовых баллов за всю работу по физике - 100.

## **2.2 Программа вступительного испытания по физике для поступающих в 10 класс на основную образовательную программу среднего общего образования на физико-математический профиль.**

Экзаменационная работа разрабатывается, исходя из необходимости проверки следующих видов деятельности.

1. Владение основным понятийным аппаратом школьного курса физики.
  - 1.1. Понимание смысла понятий.
  - 1.2. Понимание смысла физических величин.
  - 1.3. Понимание смысла физических законов.
  - 1.4. Умение описывать и объяснять физические явления.
2. Владение основами знаний о методах научного познания.
3. Решение задач различного типа и уровня сложности.
4. Понимание текстов физического содержания.

Данная программа составлена в соответствии с **Кодификатором элементов содержания и требований к уровню подготовки обучающихся для проведения основного государственного экзамена по ФИЗИКЕ**  
(<http://www.fipi.ru/oge-i-gve-9/demoversii-specifikacii-kodifikatory>)

### **2.2.1 Основные вопросы и темы.**

- 1 МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ.
  - 1.1 Механическое движение. Траектория. Путь. Перемещение.
  - 1.2 Равномерное прямолинейное движение.
  - 1.3 Скорость.
  - 1.4 Ускорение.
  - 1.5 Равноускоренное прямолинейное движение.
  - 1.6 Свободное падение.
  - 1.7 Движение по окружности.
  - 1.8 Масса. Плотность вещества.
  - 1.9 Сила. Сложение сил.
  - 1.10 Инерция. Первый закон Ньютона.
  - 1.11 Второй закон Ньютона.
  - 1.12 Третий закон Ньютона.
  - 1.13 Сила трения.
  - 1.14 Сила упругости.
  - 1.15 Закон всемирного тяготения. Сила тяжести.
  - 1.16 Импульс тела.
  - 1.17 Закон сохранения импульса.
  - 1.18 Механическая работа и мощность.
  - 1.19 Кинетическая энергия. Потенциальная энергия.
  - 1.20 Закон сохранения механической энергии.
  - 1.21 Простые механизмы. КПД простых механизмов.
  - 1.22 Давление. Атмосферное давление.



- 1.23 Закон Паскаля.
- 1.24 Закон Архимеда.
- 1.25 Механические колебания и волны. Звук.

## 2 ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

- 2.1 Строение вещества. Модели строения газа, жидкости и твердого тела.
- 2.2 Тепловое движение атомов и молекул. Связь температуры вещества со скоростью хаотического движения частиц. Броуновское движение. Диффузия.
- 2.3 Тепловое равновесие.
- 2.4 Внутренняя энергия. Работа и теплопередача как способы изменения внутренней энергии.
- 2.5 Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение.
- 2.6 Количество теплоты. Удельная теплоемкость.
- 2.7 Закон сохранения энергии в тепловых процессах.
- 2.8 Испарение и конденсация. Кипение жидкости.
- 2.9 Влажность воздуха.
- 2.10 Плавление и кристаллизация.
- 2.11 Преобразование энергии в тепловых машинах.

## 3 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

- 3.1 Электризация тел.
- 3.2 Два вида электрических зарядов. Взаимодействие электрических зарядов.
- 3.3 Закон сохранения электрического заряда.
- 3.4 Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды. Проводники и диэлектрики.
- 3.5 Постоянный электрический ток. Сила тока. Напряжение.
- 3.6 Электрическое сопротивление. Удельное электрическое сопротивление.
- 3.7 Закон Ома для участка электрической цепи. Последовательное и параллельное соединения проводников.
- 3.8 Работа и мощность электрического тока.
- 3.9 Закон Джоуля – Ленца.
- 3.10 Опыт Эрстеда. Магнитное поле тока.
- 3.11 Взаимодействие магнитов.
- 3.12 Действие магнитного поля на проводник с током.
- 3.13 Электромагнитная индукция. опыты Фарадея.
- 3.14 Закон прямолинейного распространения света.
- 3.15 Закон отражения света. Плоское зеркало.
- 3.16 Преломление света.
- 3.17 Дисперсия света.
- 3.18 Линза. Фокусное расстояние линзы.
- 3.19 Глаз как оптическая система. Оптические приборы.

## 4 КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

- 4.1 Радиоактивность. Альфа-, бета-, гамма-излучения.
- 4.2 опыты Резерфорда. Планетарная модель атома.
- 4.3 Состав атомного ядра.
- 4.4 Ядерные реакции.

### 2.2.2 Структура экзаменационного варианта.

Вступительный экзамен по физике будет проводиться в формате, приближенном к ОГЭ/ЕГЭ. Продолжительность вступительного испытания 3 часа. Экзаменационные задания разбиты на три раздела: «А», «В» и «С». Для заданий частей «А» и «В» требуется краткий ответ, для заданий части «С» необходимо представить развернутое решение. Часть «А» содержит 10 вопросов. Для 8 вопросов приведены 4 варианта ответа. Только один из предлагаемых ответов считается правильным. Номер этого ответа («1», «2», «3» или «4») нужно определить и записать в таблицу ответов. Два вопроса представляют собой задание на установление соответствия позиций, представленных в двух множествах, или задание на выбор двух правильных утверждений из предложенного перечня (множественный выбор). Часть «В» содержит две задачи, которые надо решить и полученные ответы записать в таблицу ответов. Требования к записи ответа указаны в условии задач. Решения приводить не надо! В части «С» предлагается 5 задач, для которых необходимо представить развернутое решение с правильными ответами на все вопросы, поставленные в задаче. Развернутое решение предполагает наличие всех необходимых формул с их обоснованием и последовательными преобразованиями, ведущими к численному ответу. В решении возможно (в некоторых задачах это необходимо) использование рисунков и графиков.

### 2.2.3 Критерии оценивания

Для заданий с кратким ответом (части «А» и «В») проверяется только таблица ответов. За каждый правильный ответ на задание части «А» дается 2 балла (задания с множественным выбором предполагают два правильных ответа). Таким образом, максимальное количество тестовых баллов за часть «А» - 24.

За каждый правильный ответ на задание части «В» дается 8 тестовых баллов. За каждую ошибку в записи ответа (не указаны единицы измерения, где это требуется, или указаны не те единицы измерения, ошибки округления и т.п.) снимается 2 балла.

Для части «С» максимальный первичный балл за правильное решение каждой задачи равен 4. Балл снижается (до «3», «2», «1» или «0») за ту или иную степень неполноты решения. Таким образом, максимальное количество первичных баллов в части «С» - 20. Один балл снимается, например, за одну ошибку в арифметических расчетах или алгебраических преобразованиях; два балла снимаются за отсутствие обоснования применяемой формулы, необходимого рисунка, размерности в ответе, необоснованное переобозначение уже введенной величины. Три балла снимаются за большее количество ошибок, отсутствие хотя бы одной существенной формулы. Четыре балла снимаются за совокупность перечисленных недоработок и за голословный правильный ответ. Максимальное количество первичных баллов в части «С» - 20. Первичные баллы части «С» переводятся в тестовые баллы умножением на коэффициент 3, таким образом, максимальное количество тестовых баллов за часть «С» - 60.

Тестовые баллы, полученные в каждой части, суммируются. Максимальное количество итоговых тестовых баллов за всю работу по физике - 100.

### 3 Примеры заданий для поступающих в 8 класс

#### 3.1 Решение варианта вступительных испытаний

##### Часть А

К каждому из заданий 8.1.1–8.1.10 даны 4 варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа запишите в указанном в тексте задания месте.

8.1.1. Укажите, что из нижеперечисленного является физической величиной

- 1) кристаллизация; 2) килограмм; 3) температура; 4) мензурка.

##### 8.1.1. Решение

В приведенном списке физической величиной является температура, т.е. правильный ответ - 3.

№ правильного ответа: 3.

8.1.2. Некоторый объем воды перелили из сосуда 1 в сосуд 2 с равной площадью дна (см. рисунок). Как при этом изменится сила давления воды на дно сосуда?

- 1) увеличится;  
2) уменьшится;  
3) не изменится;  
4) зависит от плотности жидкости.

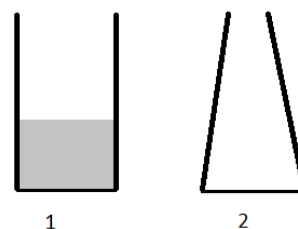


Рис. 1: к заданию 8.1.2.

##### 8.1.2. Решение

Видно, что сечение сосуда 2 уменьшается при удалении от основания, значит, при том же объеме уровень воды в нем будет выше, чем в сосуде 1. Т.к. давление жидкости пропорционально высоте столба, следовательно, давление на дно сосуда 2 будет выше, а т.к. площади сосудов совпадают, то и сила давления тоже будет больше, чем в сосуде 1. Таким образом, сила давления (произведение давления на площадь) увеличится, если перелить жидкость из сосуда 1 в сосуд 2, т.е. правильный ответ - 1.

№ правильного ответа: 1.

8.1.3. Ученик выполнял лабораторную работу по исследованию условий равновесия рычага. Результаты для сил и их плеч, которые он получил, представлены в таблице.

$F_1$ , Н	$l_1$ , м	$F_2$ , Н	$l_2$ , м
?	0,4	50	0,8

Чему равна сила  $F_1$ , если рычаг находится в равновесии?

- 1) 25 Н; 2) 50 Н; 3) 75 Н; 4) 100 Н.

##### 8.1.3. Решение

Условие равновесия рычага известно:  $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$ . Таким образом,  $F_1 = F_2 \cdot \frac{l_2}{l_1} = 50 \text{ Н} \cdot \frac{0,8 \text{ м}}{0,4 \text{ м}} = 100 \text{ Н}$ . Значит, правильный ответ - 4.

№ правильного ответа: 4.

8.1.4. Три тела имеют одинаковый объём. Плотности веществ, из которых сделаны тела, удовлетворяют условиям  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ . Каково соотношение между массами этих тел

$m_1, m_2$  и  $m_3$ ?

- 1)  $m_1 > m_2 > m_3$ ;    2)  $m_1 < m_2 < m_3$ ;    3)  $m_1 > m_2, m_3 > m_2$ ;    4)  $m_1 = m_2 = m_3$ .

#### 8.1.4. Решение

Из условия известно, что тела имеют одинаковый объем, то есть  $V_1 = V_2 = V_3$ , где  $V_1, V_2$  и  $V_3$  - объемы первого, второго и третьего тел соответственно. Тогда  $m_1/\rho_1 = m_2/\rho_2$ . Откуда  $m_1 = m_2 \cdot \rho_2/\rho_1 > m_2$ , т.к.  $\rho_1 < \rho_2$ . Аналогично получаем, что  $m_2 > m_3$ . Таким образом,  $m_1 > m_2 > m_3$ , т.е. правильный ответ - 1.

№ правильного ответа: 1.

8.1.5. Жидкость налита в стеклянный сосуд сложной формы. Давление, оказываемое жидкостью на дно сосуда, имеет

- 1) максимальное значение в точке А;  
2) максимальное значение в точке Б;  
3) одинаковое значение в точках А и Б;  
4) одинаковое значение в точках А, Б и В.

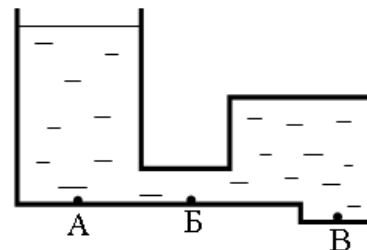


Рис. 2: к заданию 8.1.5.

#### 8.1.5. Решение

Из рисунка видно, что точка В расположена глубже точек А и Б, которые находятся на одинаковой глубине. Таким образом,  $P_В > P_А = P_Б$ . Т.е. утверждения 1, 2, 4 неверные, а утверждение 3 - верное.

№ правильного ответа: 3.

8.1.6. Какое значение скорости из нижеперечисленных максимально?

- 1) 5 км/час;    2) 100 м/мин;    3) 100 км/сутки;    4) 150 см/с.

#### 8.1.6. Решение

Будем сравнивать скорости попарно.

100 м/мин = 6000 м/час = 6 км/ч > 5 км/ч, значит, вариант 1 не подходит.

150 см/с = 1,5 м/с = 90 м/мин < 100 м/мин, значит, вариант 4 не подходит.

100 км/сутки =  $\frac{100}{24}$  км/час - чуть больше 4 км/ч и заведомо меньше 5 км/ч. Ранее мы показывали, что 100 м/мин = 6 км/ч, поэтому вариант 3 тоже не подходит.

Таким образом, 100 м/мин - наибольшая скорость из представленных вариантов, поэтому правильный ответ - 2.

№ правильного ответа: 2.

8.1.7. Подъемный кран опускает груз массой 400 кг со скоростью 0,5 м/с в течение 9 секунд. Какую работу совершает сила тяжести?

- 1) 18000 Дж;    2) 20000 Дж;    3) 1800 Дж;    4) 2000 Дж.

#### 8.1.7. Решение

Раз скорость подъема равна 0,5 м/с, то за 9 секунд тело опустится на 4,5 м. Сила тяжести равна  $400 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 4000 \text{ Н}$ , тогда работа силы  $A = 4000 \text{ Н} \cdot 4,5 \text{ м} = 18000 \text{ Дж}$ , т.е. правильный ответ - 1. Заметим, что если бы груз поднимали, то работа силы тяжести была отрицательной, т.к. в этом случае сила и перемещение были бы направлены в разные стороны.

№ правильного ответа: 1.

8.1.8. На рисунке приведены графики зависимости координат  $x$  двух тел от времени  $t$  при их движении по оси  $Ox$ . В момент времени  $t = 4$  с

- 1) тела встретились;
- 2) тела имели одинаковую скорость;
- 3) тела изменили направление движения;
- 4) тела остановились.

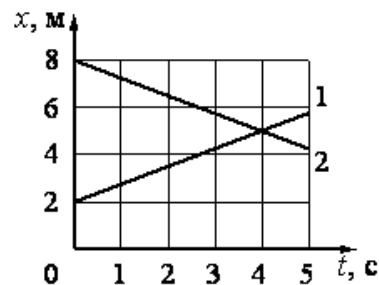


Рис. 3: к заданию 8.1.8.

8.1.8. Решение

Из графика видно, что в момент времени  $t = 4$  с тела имеют одну и ту же координату  $x = 5$  м, т.е. правильный ответ - 1. Ответы 2, 3, 4 заведомо не подходят, т.к. из графика видно, что тела движутся с постоянными скоростями, направленными в разные стороны.  
№ правильного ответа: 1.

8.1.9. Две одинаковые мензурки с разными жидкостями уравновешены на рычажных весах. В первой мензурке находится керосин. Определите плотность жидкости во второй мензурке

- 1)  $1,10 \text{ г/см}^3$ ;
- 2)  $1,82 \text{ г/см}^3$ ;
- 3)  $0,55 \text{ г/см}^3$ ;
- 4)  $0,91 \text{ г/см}^3$ .

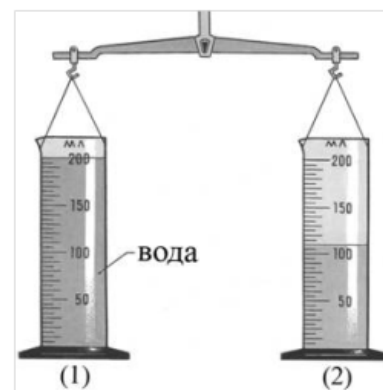


Рис. 4: к заданию 8.1.9.

8.1.9. Решение

Весы уравновешены, плечи одинаковые, значит, массы мензурок с жидкостями равны. Известно, что мензурки одинаковые, значит, массы ( $m_1, m_2$ ) жидкостей равны:  $m_1 = m_2$ . Величины относящиеся в левой мензурке (с водой) будем обозначать индексом 1, а относящиеся к правой (с неизвестной жидкостью) - индексом 2. Выразим массы через плотности и объемы и получим, что  $\rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2$ . Из рисунка видно, что  $V_1 = 200$  мл, а  $V_2 = 110$  мл. Выразим и найдем плотность неизвестной жидкости

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot V_1 / V_2 = 1 \text{ г/см}^3 \cdot 200 \text{ мл} / 110 \text{ мл} \approx 1,82 \text{ г/см}^3$$

Таким образом, правильный ответ - 2.

№ правильного ответа: 2.

8.1.10. В таблице приведены значения давления на различной глубине в некоторой жидкости. Определить, что это за жидкость?

P, кПа	100,7	101,4	102,1	102,8	103,5	104,2
h, см	10	20	30	40	50	60

- 1) Вода;
- 2) Бензин;
- 3) Масло;
- 4) Керосин.

8.1.10. Решение

Из таблицы видно, что при изменении глубины на  $\Delta h = 10$  см давление меняется на  $\Delta P = 0,7$  кПа. Известно, что давление  $P$  столба жидкости  $h$  может быть рассчитано

по формуле  $P = \rho gh$ , где  $\rho$  - плотность жидкости. Как раз её мы и найдем с помощью таблицы/ Дополнительные  $\Delta h$  жидкости создают дополнительное давление  $\Delta P$  поэтому  $\Delta P = \rho g \Delta h$ . Выразим отсюда и найдем  $\rho$

$$\rho = \frac{\Delta P}{g \cdot \Delta h} = \frac{0,7 \text{кПа}}{10 \text{м/с}^2 \cdot 10 \text{см}} = 700 \text{кг/м}^3$$

В справочной таблице найдем жидкость с такой плотностью. Это бензин, т.е. правильный ответ - 2.

№ правильного ответа: 2.

### Часть С

*Для заданий 8.1.11–8.1.15 необходимо на чистовике записать полное решение, включающее запись краткого условия задачи (Дано), поясняющие рисунки (при необходимости), запись формул, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования и расчёты, приводящие к числовому ответу.*

8.1.11. Водопад В находится выше по течению реки от города А. Катер затрачивает на путь от города до водопада и обратно 1 ч 30 мин, причем в одну сторону он плывет в два раза дольше, чем в другую. Какое время затратит на тот же маршрут экскурсионный теплоход, скорость которого в неподвижной воде в два раза меньше, чем у катера. Скорость течения реки 5 км/ч.

#### 8.1.11. Решение

Введем необходимые обозначения.

$t_1$  и  $t_2$  - время затрачиваемое катером на дорогу к водопаду (против течения) и обратно (по течению).  $V$  - скорость катера в спокойной воде,  $U = 5$  км/ч - скорость течения,  $S$  - расстояние от города до водопада.

Тогда по дороге к водопаду катер имеет скорость  $V_1 = V - U$ , а по дороге обратно - скорость  $V_2 = V + U$ .

Из условия известно, что  $t_1 + t_2 = 1,5$  ч и  $t_1 = 2t_2$ .

Решая два этих уравнения совместно, получим, что  $t_1 = 1$  ч, а  $t_2 = 0,5$  ч.

Также известно, что

$$V - U = V_1 = S/t_1;$$

$$V + U = V_2 = S/t_2.$$

Складывая и вычитая эти два уравнения получим

$$2V = S \cdot \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right) = S \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_1 t_2};$$

$$2U = S \cdot \left( \frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} \right) = S \cdot \frac{t_1 - t_2}{t_1 t_2}.$$

Из второго уравнения можем найти  $S$ :

$$S = \frac{2Ut_1 t_2}{t_1 - t_2} = \frac{2 \cdot 5 \text{км/ч} \cdot 1 \text{ч} \cdot 0,5 \text{ч}}{1 \text{ч} - 0,5 \text{ч}} = 10 \text{км}.$$

Теперь можем найти скорость катера в спокойной воде:

$$V = S \cdot \frac{t_1 + t_2}{2t_1 t_2} = \frac{2Ut_1 t_2}{t_1 - t_2} \cdot \frac{t_1 + t_2}{2t_1 t_2} = U \cdot \frac{(t_1 + t_2)}{t_1 - t_2} = 5 \text{км/ч} \cdot \frac{1 \text{ч} + 0,5 \text{ч}}{1 \text{ч} - 0,5 \text{ч}} = 15 \text{км/ч}.$$

Тогда скорость теплохода в неподвижной воде  $V' = V/2$ , скорость против течения  $V'_1 = V/2 - U$ , скорость по течению  $V'_2 = V/2 + U$ . Время на дорогу туда-обратно

$$T = \frac{S}{V'_1} + \frac{S}{V'_2} = \frac{S}{V/2 - U} + \frac{S}{V/2 + U} = \frac{10\text{км}}{12,5\text{км/ч}} + \frac{10\text{км}}{2,5\text{км/ч}} = 0,8\text{ч} + 4\text{ч} = 4,8\text{ч}.$$

Ответ: 4.8 ч.

8.1.12. Металлический кубик с ребром  $a = 5$  см оказывает на стол давление  $P = 6000$  Па. Из какого металла сделан кубик?

#### 8.1.12. Решение

Для того, чтобы понять, из какого металла сделан кубик, найдем его плотность  $\rho$ . Давление, оказываемое кубиком на стол,  $P = mg/S$ , где  $m$  - масса кубика, а  $S = a^2$  - площадь грани, на которой он лежит. Масса  $m = \rho V$ , где  $V = a^3$  - объем кубика. Тогда можем найти плотность

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{PS/g}{a^3} = \frac{Pa^2}{g \cdot a^3} = \frac{P}{g \cdot a} = \frac{6000\text{Па}}{10\text{м/с}^2 \cdot 5\text{см}} = \frac{6000\text{Па}}{10\text{м/с}^2 \cdot 0,05\text{м}} = 12000\text{кг/м}^3.$$

В справочной таблице найдем металл с такой плотность - это палладий.

Ответ: палладий.

8.1.13. Коробка, имеющая форму куба со стороной  $a = 8$  см, внутри которой находится деревянный кубик со стороной  $b = 4$  см, плавает в воде, погрузившись наполовину в воду. Когда кубик вынули из коробки и поместили в воду, то он тоже стал плавать, погрузившись на 2 см. Какова глубина погружения пустой коробки? Во всех случаях дно плавающей коробки горизонтально. Глубина погружения отсчитывается от поверхности воды до нижнего основания коробки или кубика.

#### 8.1.13. Решение

Из условия известно, что коробка с кубиком плавала в воде, погрузившись наполовину ( $a/2$ ) в воду. Это значит, что сила тяжести, действующая на коробку и кубик компенсировалась силой архимеда. Если  $\rho$  - плотность воды,  $m_1$  - масса коробки, а  $m_2$  - масса кубика, то

$$(m_1 + m_2)g = \rho \cdot g \cdot a^2 \cdot a/2;$$

$$m_1 + m_2 = \frac{\rho \cdot a^3}{2} = \frac{1\text{г/см}^3 \cdot (8\text{см})^3}{2} = 256\text{г}.$$

Из условия известно, что кубик плавал в воде, погрузившись на 2 см ( $b/2$ ), поэтому аналогично можем найти массу кубика

$$m_2 = \frac{\rho \cdot b^3}{2} = \frac{1\text{г/см}^3 \cdot (4\text{см})^3}{2} = 32\text{г}.$$

Тогда можем найти массу пустой коробки  $m_1 = 224$  г. Если пустая коробка погружена в воду на глубину  $x$ , то условие плавания

$$m_1 g = \rho g a^2 x;$$

$$x = \frac{m_1}{\rho a^2} = \frac{224\text{г}}{1\text{г/см}^3 \cdot (8\text{см})^2} = 3,5\text{см}.$$

Ответ: 3,5 см.

8.1.14. Один конец невесомого рычага шарнирно закреплен, а к другому на невесомой нерастяжимой нити подвешен алюминиевый кубик с ребром  $a = 10$  см, погруженный в сосуд с жидкостью. На расстоянии  $1/3$  длины рычага от его оси к нему прикреплена вертикальная пружинка жесткостью  $k = 1000$  Н/м. Оказалось, что в положении равновесия рычаг горизонтален, при этом удлинение пружины  $x = 6$  см. Определить, что за жидкость налита в сосуд.

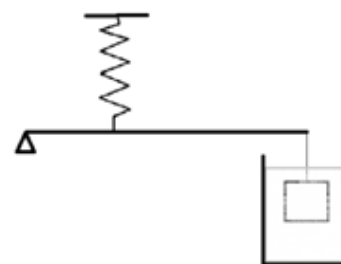


Рис. 5: к заданию 8.1.14.

#### 8.1.14. Решение

Запишем условие равновесия алюминиевого кубика. На него действуют три силы: тяжести  $F_{\text{тяж}}$  (вниз), Архимеда  $F_A$  (вверх) и натяжение нити  $T$  (вверх), тогда

$$F_{\text{тяж}} = F_A + T.$$

Размеры кубика даны, плотности жидкости  $\rho_{\text{ж}}$  мы попытаемся найти, а плотность алюминия  $\rho_a$  известна из справочной таблицы, из рисунка видно, что кубик полностью погружен в воду, поэтому можем выразить силу натяжения нити

$$T = F_{\text{тяж}} - F_A = \rho_a a^3 g - \rho_{\text{ж}} a^3 g = (\rho_a - \rho_{\text{ж}}) a^3 g.$$

Нить невесома и нерастяжима, поэтому такая же по модулю сила, но направленная вниз, действует на конец рычаг, пытаясь повернуть его по часовой стрелке. Из условия известно, что пружина удлинена, а не сжата, следовательно, сила упругости, действующая на рычаг со стороны пружины,  $F_{\text{пр}} = kx$  направлена вверх, пытаясь повернуть рычаг против часовой стрелки. Если обозначить длину рычага  $L$ , то условие равновесия можно записать, приравняв моменты сил (произведение силы на плечо), вращающих рычаг по и против часовой стрелки вокруг шарнира

$$TL = F_{\text{пр}} \frac{L}{3};$$

$$T = F_{\text{пр}}/3;$$

$$(\rho_a - \rho_{\text{ж}}) a^3 g = kx/3;$$

$$\rho_a - \rho_{\text{ж}} = \frac{kx}{3a^3 g};$$

$$\rho_{\text{ж}} = \rho_a - \frac{kx}{3a^3 g} = 2700 \text{ кг/м}^3 - \frac{1000 \text{ Н/м} \cdot 6 \text{ см}}{3 \cdot (10 \text{ см})^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 700 \text{ кг/м}^3.$$

В справочной таблице найдем жидкость с такой плотностью - это бензин.

Ответ: бензин.

8.1.15. Массовой концентрацией раствора какого-нибудь вещества называется отношение массы растворенного вещества к массе раствора, выраженное в процентах. В колбе изначально находится 100 г раствора поваренной соли, массовая концентрация раствора 25%. Каждую секунду в колбу падает капля чистой воды, масса каждой капли 0,5 г. Сколько времени потребуется, чтобы концентрация раствора в колбе стала 10%?

#### 8.1.15. Решение

По определению, приведенному в условии, массовая концентрация

$$C = \frac{m_{\text{соли}}}{m_{\text{воды}} + m_{\text{соли}}} \cdot 100\% = 25\%.$$



Перейдем от процентов к долям единицы

$$C = \frac{m_{\text{соли}}}{m_{\text{воды}} + m_{\text{соли}}} = 0,25.$$

Еще нам известна масса раствора, которая складывается из массы воды и массы соли

$$m_{\text{воды}} + m_{\text{соли}} = 100\text{г}.$$

Это позволяет нам найти массы соли и воды в исходном растворе

$$\frac{m_{\text{соли}}}{m_{\text{воды}} + m_{\text{соли}}} = \frac{m_{\text{соли}}}{100\text{г}} = 0,25 \Rightarrow m_{\text{соли}} = 25\text{г} \Rightarrow m_{\text{воды}} = 75\text{г}.$$

Концентрация раствора понижается за счет добавления чистой воды. Пусть добавили  $M$  воды и получили 10%-раствор. Запишем новое выражение для массовой концентрации и найдем  $M$

$$\begin{aligned} C &= \frac{m_{\text{соли}}}{(m_{\text{воды}} + M) + m_{\text{соли}}} = 0,1; \\ m_{\text{соли}} &= 0,1 \cdot ((m_{\text{воды}} + M) + m_{\text{соли}}); \\ 25\text{г} &= 0,1 \cdot (M + 100\text{г}); \\ 25\text{г} &= 0,1M + 10\text{г}; \\ M &= 150\text{г}. \end{aligned}$$

Зная, что каждую секунду в колбу падала капля воды массой 0,5 г и что суммарно добавилось 150 г. чистой воды, несложно найти время, которое было затрачено на этот процесс:  $T = 150/0,5 = 300 \text{ с} = 5 \text{ мин}$ .

Заметим, что последний шаг мы сделали не очень строго, потому что делили граммы на граммы, а получили секунды. Более строго было бы ввести скорость добавления воды в раствор  $N = 0,5 \text{ г/с}$  и тогда  $M = NT$ , что приводит к тому же ответу, но снимает противоречие с размерностями.

Ответ: 300 с.

### 3.2 Решение типовых задач части С

8.2.1. Саша играет со своей собакой Шариком. Саша бросает мячик и они вместе с Шариком бегут за ним. Шарик бежит быстрее, первым добегают до мячика, хватая его в зубы и бежит навстречу Саше. Какое расстояние пробежал Саша до встречи с собакой, если мячик улетел на 35 метров, скорость Саши равна 2,5 м/с, а скорость Шарика равна 4,5 м/с. Считать скорость собаки одинаковой на пути туда и обратно, временем на разворот пренебречь.

#### 8.2.1. Решение

Введем обозначения. Пусть  $L = 35$  м - расстояние, на которое улетел мячик;  $V = 2,5$  м/с - скорость Саши;  $U = 4,5$  м/с - скорость Шарика;  $t$  - время от броска до встречи;  $S$  - искомое расстояние.

Шарик пробежал туда и обратно ( $2L$ ) минус расстояние, которое пробежал Саша ( $S$ ), поэтому  $2L - S = Ut$ . Очевидно, что  $S = Vt$ .

Сложив эти два уравнения, получим  $2L = (V + U)t$ . Откуда найдем  $t = 2L/(V + U)$ . Тогда

$$S = Vt = 2L \frac{V}{(V + U)} = 2 \cdot 35 \text{ м} \frac{2,5 \text{ м/с}}{(2,5 \text{ м/с} + 4,5 \text{ м/с})} = 70 \text{ м} \cdot \frac{2,5}{7} = 25 \text{ м}.$$

Ответ: 25 м.

8.2.2. Имеется однородный брусок квадратного сечения размером 5 x 5 x 20 см. Когда его поставили на квадратное основание, то давление на опору оказалось 1000 Па. Затем брусок положили на прямоугольную грань. Гирю какой массы надо поставить на него сверху, чтобы давление на опору осталось тем же самым?

#### 8.2.2. Решение

Введем обозначения. Масса бруска  $m_1$ , а масса гири  $m_2$ ,  $S_1$  - площадь основания в первом случае, а  $S_2$  - во втором.

Тогда давление на опору в первом случае  $P_1 = m_1g/S_1$ , оно должно быть равно давлению во втором случае  $P_2 = (m_1 + m_2)g/S_2$ . Тогда

$$\frac{m_1g}{S_1} = \frac{(m_1 + m_2)g}{S_2};$$

$$m_1 \frac{S_2}{S_1} = m_1 + m_2;$$

$$m_1 \left( \frac{S_2}{S_1} - 1 \right) = m_2.$$

Площадь квадрата/прямоугольника равна произведению длин его сторон, а  $m_1 = P_1S_1/g$ , поэтому

$$m_2 = \frac{P_1S_1}{g} \left( \frac{S_2}{S_1} - 1 \right) = \frac{P_1}{g} (S_2 - S_1).$$

Подставляя числа, не запутаемся в размерностях и будем подставлять все величины в СИ:

$$m_2 = \frac{1000 \text{ Па}}{10 \text{ м/с}^2} (0,05 \text{ м} \cdot 0,2 \text{ м} - 0,05 \text{ м} \cdot 0,05 \text{ м}) = \frac{1000 \text{ Па}}{10 \text{ м/с}^2} \cdot 0,05 \text{ м} \cdot 0,15 \text{ м} = 0,75 \text{ кг}$$

Ответ: 0,75 кг.

8.2.3. Имеется две пружины одинаковой длины. Первая пружина растягивается на 2 см, если к ней подвесить груз массой 20 г. Вторая пружина растягивается на 3 см, если к ней подвесить груз массой 60 г. Обе пружины соединяют параллельно, так что они удлиняются совместно на одинаковую величину. Какой груз надо подвесить к этим пружинам, чтобы они удлинились на 1 см?

*8.2.3. Решение*

Введем обозначения. Пусть  $k_1$  и  $k_2$  - жесткости первой и второй пружин соответственно;  $l_1 = 2$  см - растяжение первой пружины под действием груза  $m_1 = 20$  г;  $l_2 = 3$  см - растяжение первой пружины под действием груза  $m_2 = 60$  г;  $m_3$  - груз, который надо подвесить к этим пружинам, чтобы они удлинились на  $l_3 = 1$  см.

Сила упругости со стороны пружин уравнивает силу тяжести, действующую на грузы в каждой ситуации, поэтому

$$k_1 l_1 = m_1 g \longrightarrow k_1 = m_1 g / l_1;$$

$$k_2 l_2 = m_2 g \longrightarrow k_2 = m_2 g / l_2.$$

При параллельном соединении пружины растягиваются одинаково, а силы упругости суммируются, компенсируя силу тяжести, действующую на подвешенный грузик, поэтому

$$k_1 l_3 + k_2 l_3 = m_3 g;$$

$$(k_1 + k_2) l_3 = m_3 g;$$

$$\left( \frac{m_1 g}{l_1} + \frac{m_2 g}{l_2} \right) l_3 = m_3 g;$$

$$\left( \frac{m_1}{l_1} + \frac{m_2}{l_2} \right) l_3 = m_3;$$

$$m_3 = m_1 \frac{l_3}{l_1} + m_2 \frac{l_3}{l_2} = 20 \text{ г} \cdot \frac{1 \text{ см}}{2 \text{ см}} + 60 \text{ г} \cdot \frac{1 \text{ см}}{3 \text{ см}} = 10 \text{ г} + 20 \text{ г} = 30 \text{ г}.$$

Ответ: 30 г.

8.2.4. Шарик, сделанный из золота, подвешен к одному концу невесомого рычага. Чтобы рычаг уравновесить на другое плечо на расстоянии 38,6 см от оси вращения подвесили некоторую гирьку. Затем, не снимая шарик с рычага, его целиком погрузили в ртуть. Где теперь надо подвесить эту же гирьку, чтобы рычаг опять стал уравновешенным?

*8.2.4. Решение*

Введем обозначения. Плотности золота  $\rho_1 = 19300$  кг/м<sup>3</sup> и ртути  $\rho_2 = 13600$  кг/м<sup>3</sup> возьмем из справочных данных. Пусть  $V$  - объем шарика;  $m$  - масса гири;  $L$  - расстояние от оси вращения рычага, на котором висит шарик,  $l_1 = 38,6$  см - расстояние, на котором нужно подвесить гирю в первом случае, а  $l_2$  - во втором случае.

Запишем условие равновесия рычага в первом случае:

$$m g l_1 = \rho_1 g V L.$$

Во втором случае изменяется сила, действующая на рычаг со стороны подвеса шарика, т.к. вес шарика частично компенсируется силой Архимеда, поэтому расстояние подвеса гири должно измениться. В условии сказано, что шарик погрузили в ртуть целиком, поэтому

сила Архимеда тоже выражается через объем тела. Условие равновесия рычага в этом случае:

$$mgl_2 = (\rho_1 gV - \rho_2 gV)L.$$

Из условия равновесия для первого случая можем выразить  $mg$  и подставить во второе условие равновесия:

$$mg = \rho_1 gVL/l_1;$$

$$\rho_1 gVL \frac{l_2}{l_1} = (\rho_1 - \rho_2)gVL;$$

$$\rho_1 \frac{l_2}{l_1} = \rho_1 - \rho_2;$$

$$l_2 = l_1 \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} = 38,6 \text{ см} \cdot \frac{19300 \text{ кг/м}^3 - 13600 \text{ кг/м}^3}{19300 \text{ кг/м}^3} = 38,6 \text{ см} \cdot \frac{5700}{19300} = 11,4 \text{ см}.$$

Ответ: 11,4 см.

8.2.5. Два цилиндрических сосуда, частично заполненных водой, соединены снизу трубкой так, что вода может свободно перетекать из одного сосуда в другой. Площадь сечения левого сосуда  $S_1 = 10 \text{ см}^2$ , площадь сечения второго сосуда  $S_2 = 15 \text{ см}^2$ . В левый сосуд начинают аккуратно и равномерно подливать масло по 3 куб.см в секунду. Жидкости не смешиваются, не выливаются из сосудов, запас воды в сосудах достаточно большой для того, чтобы масло не попало в соединительную трубку. С какой скоростью растет расстояние между границами воздух-вода в правом сосуде и вода-масло в левом сосуде?

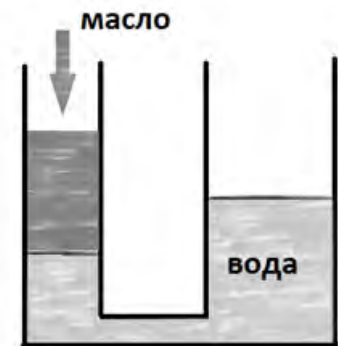


Рис. 6: к заданию 8.2.5.

#### 8.2.5. Решение

В этой задаче определенную сложность представляет то, что масло добавляется с некоторой постоянной скоростью. Чтобы обойти это сложность, рассмотрим момент времени через  $t = 10 \text{ с}$  после начала добавления масла и найдем,  $x_1$  - смещение границы масло-вода вниз и  $x_2$  - смещение границы вода-воздух вверх. Плотности масла  $\rho_1 = 900 \text{ кг/м}^3$  и воды  $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$  возьмем из справочных данных.

За время  $t = 10 \text{ с}$  было добавлено  $V_1 = 30 \text{ см}^3$  масла, что соответствует столбу жидкости высотой  $h = V_1/S_1 = 3 \text{ см}$ . В левом сосуде возникает избыточное давление и некоторый объем воды перетекает из левого сосуда в правый. Из-за этого объем воды в правом сосуде увеличивается и уровень поднимается на  $x_2$ .

Запишем условие равновесия жидкости в двух сообщающихся сосудах. Давление столба масла высотой  $h$  должно быть равно давлению столба воды высотой  $x_1 + x_2$ :

$$\rho_1 gh = \rho_2 g(x_1 + x_2);$$

$$x_1 + x_2 = h \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

$x_1 + x_2$  - смещение границ воды-масла и воды-воздуха за время  $t$ , поэтому искомая скорость

$$V = \frac{x_1 + x_2}{t} = \frac{h \frac{\rho_1}{\rho_2}}{t} = \frac{3 \text{ см} \frac{900 \text{ кг/м}^3}{1000 \text{ кг/м}^3}}{10 \text{ с}} = \frac{2,7 \text{ см}}{10 \text{ с}} = 0,27 \text{ см/с}.$$

Ответ: 0,27 см/с.

8.2.6. Катер идет по течению реки из пункта А в пункт В 3 часа, а обратно — 6 часов. За какое время проплывет расстояние АВ спасательный круг?

*8.2.6. Решение*

Введем обозначения. Пусть  $L$  - расстояние от пункта А до пункта В;  $t_1 = 3$  часа - время на дорогу из А в В, а  $t_2$  - из В в А;  $V$  - скорость катера относительно воды,  $U$  - скорость течения реки. Дорога туда заняла меньше времени, чем дорога обратно, из чего делаем вывод, что туда катер плыл ПО течению, а обратно - ПРОТИВ. Тогда скорость катера по пути из А в В равна  $V + U$ , а на пути обратно -  $V - U$ . Запишем уравнения, связывающие путь, скорость и время в пути:

$$L = (V + U)t_1;$$

$$L = (V - U)t_2.$$

У нас получилось 2 уравнения, содержащих 3 неизвестных ( $L$ ,  $V$ ,  $U$ ). Для нахождения всех трех величин нам недостает данных. С этой проблемой можно справиться, уменьшив количество неизвестных. Поделим оба уравнения на  $L$

$$1 = \left( \frac{V}{L} + \frac{U}{L} \right) t_1;$$

$$1 = \left( \frac{V}{L} - \frac{U}{L} \right) t_2.$$

Теперь у нас 2 уравнения, содержащих 2 неизвестных ( $V/L$  и  $U/L$ ). Время  $T = L/U$  связано со вторым из них, поэтому выразим из полученной системы  $U/L$ . Это можно сделать стандартным выражением  $V/L$  из одного уравнения и подстановкой во второе, но здесь можно поступить проще. Перепишем уравнения и вычтем из первого второе

$$\frac{1}{t_1} = \frac{V}{L} + \frac{U}{L};$$

$$\frac{1}{t_2} = \frac{V}{L} - \frac{U}{L};$$

$$\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} = 2 \cdot \frac{U}{L};$$

$$\frac{t_2 - t_1}{t_1 t_2} = 2 \cdot \frac{U}{L};$$

$$T = \frac{L}{U} = \frac{2t_1 t_2}{t_2 - t_1} = \frac{2 \cdot 3\text{ч} \cdot 6\text{ч}}{(6\text{ч} - 3\text{ч})} = 12\text{ч}$$

Ответ: 12 ч.

8.2.7. Сплав состоит из олова массой 2,92 кг и свинца массой 1,13 кг. Какова плотность сплава, если считать, что объем сплава равен сумме объемов его составных частей? Плотность олова равна 7300 кг/м<sup>3</sup>, а плотность свинца - 11300 кг/м<sup>3</sup>

*8.2.7. Решение*

Введем обозначения. Пусть  $m_1 = 2,92$  кг - масса олова,  $m_2 = 1,13$  кг - масса свинца;  $V_1$ ,

$V_2$  - плотности олова и свинца соответственно. Плотности олова  $\rho_1 = 7800 \text{ кг/м}^3$  и свинца  $\rho_2 = 11300 \text{ кг/м}^3$  известны из условия.

Суммарное количество свинца и олова в сплаве такое же, как в исходных металлах, поэтому масса сплава равна сумме масс его составных частей. Плотность сплава  $\rho$  равна отношению полной массы к полному объему, поэтому

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{m_1 + m_2}{m_1/\rho_1 + m_2/\rho_2} = \frac{2,92 \text{ кг} + 1,13 \text{ кг}}{2,92 \text{ кг}/7800 \text{ кг/м}^3 + 1,13 \text{ кг}/11300 \text{ кг/м}^3} = \\ &= \frac{4,05 \text{ кг}}{0,0004\text{м}^3 + 0,0001\text{м}^3} = 8100 \text{ кг/м}^3. \end{aligned}$$

Ответ:  $8100 \text{ кг/м}^3$ .

8.2.8. В сосуд с вертикальными стенками налили воду, ее масса  $m_1 = 1000 \text{ г}$ . На сколько процентов изменится гидростатическое давление воды на дне сосуда, если в нее опустить на нитке алюминиевый шарик массой  $m_2 = 500 \text{ г}$  так, чтобы он полностью был в воде, но не касался дна?

#### 8.2.8. Решение

Введем обозначения. Пусть  $S$  - сечение сосуда;  $h$  - высота получившегося столба воды;  $V$  - объем шарика. Плотности воды  $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$  и алюминия  $\rho_2 = 2700 \text{ кг/м}^3$  известны из справочных данных.

Объем воды  $V' = m_1/\rho_1$ , тогда  $h = V'/S = m_1/(\rho_1 S)$ . Гидростатическое давление на дно сосуда до того, как шарик был опущен в воду

$$P_1 = \rho_1 g h = \frac{\rho_1 g m_1}{\rho_1 S} = \frac{m_1 g}{S}.$$

Изменение гидростатического давления связано с повышением уровня воды в сосуде, которое вызвано тем, что шарик вытесняет объем воды  $V = m_2/\rho_2$ . Тогда несложно найти изменение уровня воды

$$\Delta h = V/S = m_2/(\rho_2 S).$$

Тогда изменение гидростатического давления

$$\begin{aligned} \Delta P &= \rho_1 g \Delta h = \rho_1 g \frac{m_2}{\rho_2 S} = \frac{m_2 g \rho_1}{S \rho_2}; \\ \frac{\Delta P}{P_1} &= \frac{\frac{m_2 g \rho_1}{S \rho_2}}{\frac{m_1 g}{S}} = \frac{m_2 \rho_1}{m_1 \rho_2} = \frac{500 \text{ г} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3}{1000 \text{ г} \cdot 2700 \text{ кг/м}^3} \approx 0,19. \end{aligned}$$

Таким образом, давление увеличилось на 19%.

Ответ: 19%.

8.2.9. Человек бежит по движущемуся эскалатору. В первый раз он насчитал  $N_1 = 50$  ступенек, второй раз, двигаясь в ту же сторону со скоростью относительно эскалатора втрое большей, он насчитал  $N_2 = 75$  ступенек. Сколько ступенек он насчитал бы на неподвижном эскалаторе?

#### 8.2.9. Решение

Введем обозначения. Пусть  $L$  - длина эскалатора,  $l$  - длина ступеньки;  $V$  - скорость человека относительно эскалатора в первом случае,  $U$  - скорость эскалатора.

Разберемся с тем, что происходит в задаче. Пусть, например, человек спускает по эскалатору, едущему вниз. Тогда скорость человека относительно тоннеля равна  $(V+U)$ . Время, которое он затратит на спуск в этом случае  $t = L/(V+U)$ . При этом скорость человека относительно эскалатора равна  $V$ , поэтому сам он пройдет путь  $S = Vt$  и именно он будет связан с количеством ступенек, которое насчитает человек  $S = lN$ . Тогда

$$N = \frac{S}{l} = \frac{Vt}{l} = \frac{VL}{(V+U)l} = \frac{L}{l} \frac{V}{V+U} = \frac{L}{l} \frac{1}{1+U/V}.$$

Видно, что первое слагаемое является постоянной величиной, а второе зависит от отношения скоростей человека и эскалатора. Увеличится или уменьшится количество "насчитанных" ступенек, если человек увеличит свою скорость относительно эскалатора?  $U/V$  уменьшится,  $1 + U/V$  уменьшится, значит, все выражение увеличится. В случае, если человек идет в сторону противоположную движению эскалатора, количество ступенек будет равно

$$N = \frac{L}{l} \frac{1}{1 - U/V}.$$

В этом случае, при увеличении скорости относительно эскалатора,  $U/V$  уменьшается, но  $(1 - U/V)$  увеличивается, то есть количество "насчитанных" ступенек уменьшается. Таким образом, понятно, что в этой задаче направления скоростей человека и эскалатора совпадают, то есть первом случае человек имеет скорость  $(V+U)$ , а во втором -  $(3V+U)$ . Тогда можно выразить  $N_1$  и  $N_2$

$$N_1 = \frac{L}{l} \frac{1}{1 + U/V};$$

$$N_2 = \frac{L}{l} \frac{1}{1 + U/3V}.$$

Нас интересует, сколько ступенек насчитает человек на неподвижном эскалаторе. Это соответствует ситуации, когда  $U = 0$ :

$$N_3 = \frac{L}{l} \frac{1}{1 + 0/V} = \frac{L}{l}.$$

Перепишем уравнения выше:

$$N_1(1 + U/V) = N_3;$$

$$N_2(1 + U/3V) = N_3.$$

Для удобства обозначим  $U/3V = A$ , тогда

$$N_1(1 + 3A) = N_3;$$

$$N_2(1 + A) = N_3;$$

$$1 + 3A = N_3/N_1;$$

$$1 + A = N_3/N_2;$$

$$3A = N_3/N_1 - 1;$$

$$A = N_3/N_2 - 1.$$

Поделив предпоследнее уравнение на последнее, получим

$$3 = \frac{N_3/N_1 - 1}{N_3/N_2 - 1};$$

$$3 \cdot (N_3/N_2 - 1) = N_3/N_1 - 1;$$

$$3N_3/N_2 - 3 = N_3/N_1 - 1;$$

$$N_3(3/N_2 - 1/N_1) = 2;$$

$$N_3 = \frac{2}{(3/N_2 - 1/N_1)} = \frac{2}{(3/75 - 1/50)} = \frac{2}{(1/25 - 1/50)} = \frac{2}{1/50} = 100.$$

Ответ: 100 ступенек.



### 3.3 Вариант вступительных испытаний для самостоятельного решения

#### Часть А

К каждому из заданий 8.3.1–8.3.10 даны 4 варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа запишите в указанном в тексте задания месте.

8.3.1. Укажите, что из нижеперечисленного является физическим прибором?

- 1) Вес тела;
- 2) Потенциальная энергия;
- 3) Реактивное движение;
- 4) Крутильные весы.

8.3.2. Некоторый объем воды перелили из сосуда 1 в сосуд 2 с равной площадью дна (см. рисунок). Как при этом изменится сила давления воды на дно сосуда?

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится;
- 4) зависит от плотности жидкости.

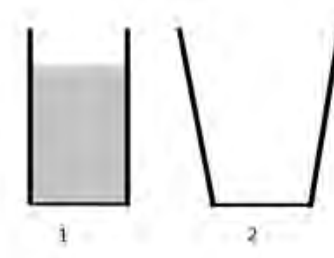


Рис. 7: к заданию 8.3.2.

8.3.3. Ученик выполнял лабораторную работу по исследованию условий равновесия лёгкого рычага. Результаты для сил и их плеч, которые он получил, представлены в таблице.

$F_1$ , Н	$l_1$ , м	$F_2$ , Н	$l_2$ , м
20	0,4	5	?

Чему равно плечо  $l_2$ , если рычаг находится в равновесии?

- 1) 2,5 м;
- 2) 1,6 м;
- 3) 0,25 м;
- 4) 0,1 м.

8.3.4. Три тела имеют одинаковую массу. Плотности веществ, из которых сделаны тела, удовлетворяют условиям  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ . Каково соотношение между объёмами этих тел  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$ ?

- 1)  $V_1 = V_2 = V_3$ ;
- 2)  $V_1 < V_2 < V_3$ ;
- 3)  $V_1 > V_2 > V_3$ ;
- 4)  $V_1 < V_2, V_3 < V_2$ .

8.3.5. U-образный стеклянный сосуд, правое колено которого запаяно, заполнен жидкостью (см. рисунок). Давление, оказываемое жидкостью на дно сосуда,

- 1) максимально в точке А;
- 2) максимально в точке Б;
- 3) максимально в точке В;
- 4) одинаково во всех указанных точках.

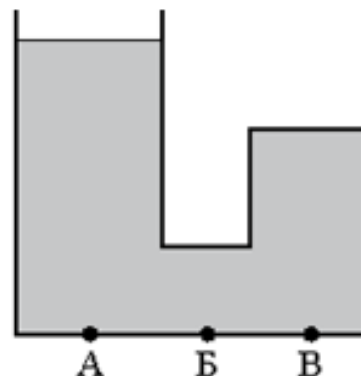


Рис. 8: к заданию 8.3.5.

8.3.6. Какое значение скорости из нижеперечисленных минимально?

- 1) 7 км/час;
- 2) 100 м/мин;
- 3) 120 км/сутки;
- 4) 110 см/с.

8.3.7. Подъемный кран поднимает груз массой 300 кг со скоростью 0,5 м/с в течение 12 секунд. Какую работу совершает сила натяжения троса?

- 1) 1800 Дж; 2) 3600 Дж; 3) 18 кДж; 4) 36 кДж.

8.3.8. На рисунке приведены графики зависимости координаты  $x$  двух тел от времени  $t$ . Эти тела имеют

- 1) одинаковую начальную координату и одинаковую скорость;  
 2) одинаковую начальную координату и разную скорость;  
 3) разную начальную координату и одинаковую скорость;  
 4) разную начальную координату и разную скорость.

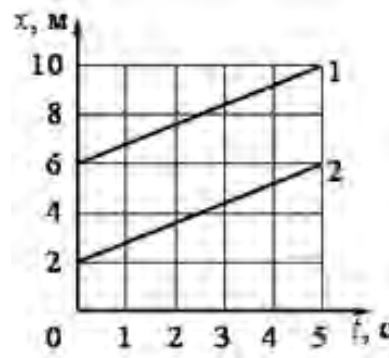


Рис. 9: к заданию 8.3.8.

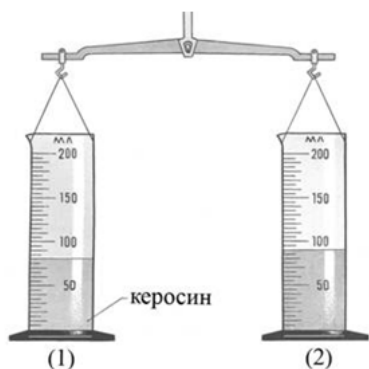


Рис. 10: к заданию 8.3.9.

8.3.9. Две одинаковые мензурки с разными жидкостями уравновешены на рычажных весах. В первой мензурке находится керосин. Определите плотность жидкости во второй мензурке

- 1) 1,80 г/см<sup>3</sup>;  
 2) 1,42 г/см<sup>3</sup>;  
 3) 0,90 г/см<sup>3</sup>;  
 4) 0,71 г/см<sup>3</sup>.

8.3.10. В таблице приведены значения давления на различной глубине в некоторой жидкости

Р, кПа	113.6	140.8	168.0	195.2	222.4
h, см	10	30	50	70	90

Определить, что это за жидкость?

- 1) Вода; 2) Бензин; 3) Масло 4) Ртуть.

### Часть С

Для заданий 8.3.11–8.3.15 необходимо на чистовике записать полное решение, включающее запись краткого условия задачи (Дано), поясняющие рисунки (при необходимости), запись формул, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования и расчёты, приводящие к числовому ответу.

8.3.11. В 7,5 км от пристани А вниз по течению реки расположен красивый мост Б. Прогулочный катер доплывает от пристани до моста и обратно за 2 часа, причем на путь в одну сторону от затрачивает в три раза больше времени, чем в другую. Какое время затратит на тот же маршрут моторная лодка, скорость которой в неподвижной воде в два раза больше, чем у катера?

8.3.12. Титановый кубик оказывает на стол давление 4500 Па. Чему равна длина ребра этого кубика?

8.3.13. Коробка, имеющая форму куба со стороной 16 см, плавает в воде погрузившись в воду на 4 см. Рядом плавает пластмассовый кубик со стороной 8 см, причем половина кубика погружена в воду. Кубик поместили внутрь коробки. Какова стала ее глубина погружения? Во всех случаях дно плавающей коробки горизонтально. Глубина погружения отсчитывается от поверхности воды до нижнего основания коробки или кубика.

8.3.14. Один конец невесомого рычага шарнирно закреплен, а к другому на невесомой нерастяжимой нити подвешен металлический кубик с ребром 10 см, погруженный в сосуд с водой. На расстоянии  $2/3$  длины рычага от его оси к нему прикреплена вертикальная пружинка жесткостью  $k = 1500$  Н/м. Оказалось, что в положении равновесия рычаг горизонтален, при этом удлинение пружины  $x = 6,8$  см. Определить материал, из которого сделан кубик.

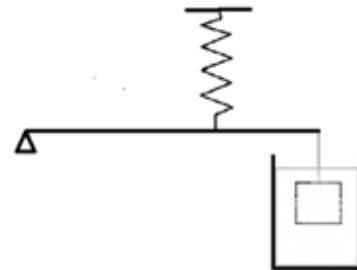


Рис. 11: к заданию 8.3.14.

8.3.15. Массовой концентрацией раствора какого-нибудь вещества называется отношение массы растворенного вещества к массе раствора, выраженное в процентах. В колбе изначально находится 90 г чистой воды. Каждую секунду в нее падает капля раствора поваренной соли. Массовая концентрация раствора в капле 25% , масса каждой капли 0,5 г. Сколько времени потребуется, чтобы концентрация раствора в колбе стала 10%?

### 3.4 Типовые задачи части С для самостоятельного решения

8.4.1. Саша играет со своей собакой Шариком. Саша бросает мячик и бежит в противоположную сторону, а Шарик добегают до мячика, хватая его в зубы и бежит за Сашей. Какое расстояние пробежал Саша до того момента, когда его догнал Шарик, если мячик улетел на 25 метров, скорость Саши равна 2 м/с, а скорость Шарика равна 4 м/с. Считать скорость собаки одинаковой на пути туда и обратно, временем на разворот пренебречь, оба участника игры начинают бежать одновременно.

8.4.2. Ящик с песком размером 20 x 30 x 50 см лежит на столе на самой большой по площади грани и оказывает при этом на стол давление 1000 Па. Затем ящик ставят так, что на стол он опирается наименьшей по площади гранью. Как надо изменить количество песка в ящике (сколько кг добавить или извлечь), чтобы давление на стол осталось тем же самым?

8.4.3. Имеется две пружины одинаковой длины. Первая пружина растягивается на 2 см, если к ней подвесить груз массой 20 г. Вторая пружина растягивается на 4 см, если к ней подвесить груз массой 60 г. Обе пружины соединяют параллельно, так что они удлиняются совместно на одинаковую величину. Какой груз надо подвесить к этим пружинам, чтобы они удлинились на 3 см.

8.4.4. Шарик, сделанный из алюминия, полностью погружен в сосуд с водой и подвешен к одному концу невесомого рычага. Чтобы рычаг уравновесить на другое плечо на расстоянии 34 см от оси вращения подвесили некоторую гирьку, при этом шарик в воде не касается ни дна, ни стенок сосуда. Затем, не снимая шарик с рычага, сосуд с водой убрали. Где теперь надо подвесить ту же гирьку, чтобы рычаг опять стал уравновешенным?

8.4.5. Два цилиндрических сосуда, частично заполненных водой, соединены снизу трубкой так, что вода может свободно перетекать из одного сосуда в другой. Площадь сечения левого сосуда  $S_1 = 10 \text{ см}^2$ , площадь сечения второго сосуда  $S_2 = 15 \text{ см}^2$ . В правый сосуд начинают аккуратно и равномерно подливать керосин по 6 куб.см в секунду. Жидкости не смешиваются, не выливаются из сосудов, запас воды в сосудах достаточно большой для того, чтобы керосин не попал в соединительную трубку. С какой скоростью движется граница керосин-воздух в правом сосуде?

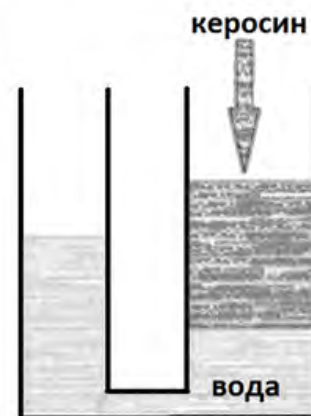


Рис. 12: к заданию 8.4.5.

8.4.6. В течение какого времени пассажир, сидящий у окна поезда, идущего со скоростью 54 км/ч, будет видеть встречный поезд, идущий со скоростью 36 км/ч, если его длина равна 150 м?

8.4.7. Железная и алюминиевая детали имеют одинаковые объемы. Найдите массы этих деталей, если масса железной детали на 12,75 г больше массы алюминиевой.

8.4.8. Тело весом  $P = 80 \text{ Н}$ , погруженное в воду, весит  $P_1 = 70 \text{ Н}$ , а погруженное в неизвестную жидкость, весит  $P_2 = 72 \text{ Н}$ . Найти плотность жидкости  $\rho$ .

8.4.9. Эскалатор метро спускает идущего по нему человека за время  $t_1 = 1$  мин. Если человек будет двигаться относительно эскалатора вдвое быстрее, то он спустится за  $t_2 = 45$  с. Сколько времени будет спускаться человек, стоящий на эскалаторе?

## 4 Примеры заданий для поступающих в 10 класс

### 4.1 Решение варианта вступительных испытаний

#### Часть А

К каждому из заданий 10.1.1–10.1.8 даны 4 варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа запишите в указанном в тексте задания месте.

10.1.1. Тело массой  $m$ , брошенное с Земли вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ , поднялось на высоту  $h_0$ . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Полная механическая энергия тела на некоторой промежуточной высоте  $h$  равна

- 1)  $\frac{mv_0^2}{2}$ ; 2)  $\frac{mv_0^2}{2} - mgh$ ; 3)  $mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2}$ ; 4)  $mgh$ .

#### 10.1.1. Решение

Так как сопротивлением воздуха по условию можно пренебречь, то механическая энергия брошенного тела сохраняется, то есть остается одной и той же на любой высоте и равна начальной энергии, сообщенной телу при броске -  $\frac{mv_0^2}{2}$ , т.е. правильный ответ - 1.

№ правильного ответа: 1.

10.1.2. Тяжёлый чемодан необходимо передвинуть в купе вагона по направлению к локомотиву. Это легче будет сделать, если поезд в это время

- 1) стоит на месте у платформы;
- 2) движется равномерно прямолинейно;
- 3) ускоряется;
- 4) тормозит.

#### 10.1.2. Решение

Для правильного ответа на этот вопрос в принципе достаточно интуитивных соображений. Известный факт, что при торможении тела в вагоне стремятся сдвинуться вперед по направлению движения, наверное вы сами испытывали это при торможении в автомобиле, поезде и т.д. При достаточно резком торможении вагона, чемодан в нем может сместиться по направлению к локомотиву и без приложения дополнительной силы. Поэтому, если вагон тормозит, сдвинуть чемодан вперед по ходу движения легче, чем в остальных случаях, т.е. правильный ответ 4. Строгое рассмотрение этой ситуации требует достаточно серьезных рассуждений и выходит за рамки данного пособия.

№ правильного ответа: 4.

10.1.3. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  от времени  $t$  для тела, движущегося прямолинейно. равноускоренному движению соответствует(-ют) участок(-ки)

- 1) АВ;
- 2) DE;
- 3) CD и АВ;
- 4) DE и ВС.

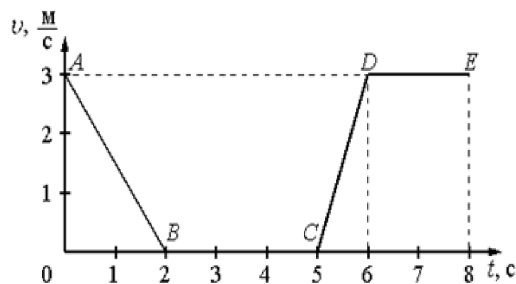


Рис. 13: к заданию 10.1.3.

### 10.1.3. Решение

Для правильного ответа на подобные вопросы рекомендуется разобраться, как движется тело на каждом участке. На участке АВ скорость равномерно уменьшается, это движение с постоянным ускорением  $a = -1,5 \frac{m}{c^2}$ . На участке ВС скорость тела равна 0, т.е. тело покоится, ускорение, естественно, тоже нулевое. На участке CD скорость тела равномерно увеличивается, это движение с постоянным ускорением  $a = 3 \frac{m}{c^2}$ . И, наконец, на участке DE скорость тела не изменяется, т.е. оно движется равномерно со скоростью  $3 \frac{m}{c}$ . Таким образом равноускоренному движению, т.е. движению с постоянным ненулевым ускорением, соответствуют участки АВ и CD.

№ правильного ответа: 3.

10.1.4. Как изменится частота звука при переходе его из воды в воздух? Известно, что скорость звука в воде больше чем в воздухе.

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится или увеличится, в зависимости от громкости звука;
- 3) не изменится;
- 4) уменьшится.

### 10.1.4. Решение

Звук, как и любая волна, это процесс распространения колебаний в пространстве. Источником звука является любое тело, совершающее колебания в какой-нибудь среде (газовой, жидкой, твердой) и частота звука определяется именно частотой колебаний источника. От свойств среды зависит скорость распространения звуковых колебаний, а значит и длина волны. Следовательно при переходе звука из воды в воздух уменьшится длина волны, а частота остается неизменной.

№ правильного ответа: 3.

10.1.5. В сообщающиеся сосуды поверх воды налиты четыре различные жидкости, не смешивающиеся с водой (см. рисунок). Уровень воды в сосудах остался одинаковым. Какая жидкость имеет наименьшую плотность?

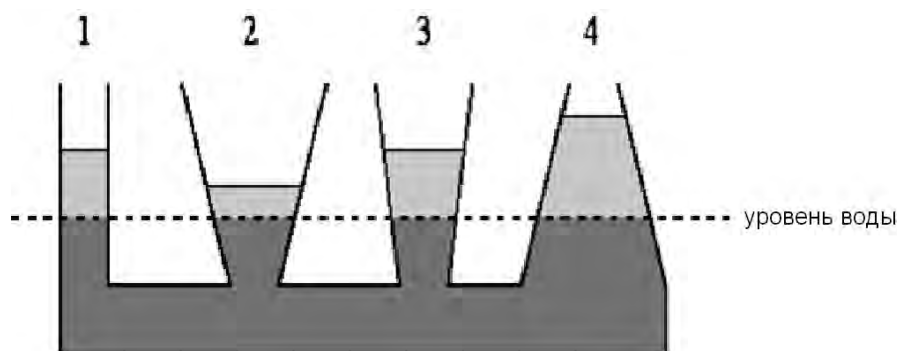


Рис. 14: к заданию 10.1.5.

### 10.1.5. Решение

Налитые поверх воды жидкости в каждом сосуде оказывают на воду давление, которое можно найти по известной формуле  $p = \rho gh$ , причем поскольку уровень воды во всех сосудах одинаков, то это означает, что и давление, оказываемое различными жидкостями в

разных сосудах, тоже одинаково. Следовательно, чем больше высота столба налитой жидкости, тем меньше ее плотность, значит наименьшую плотность имеет жидкость налитая в 4 сосуд.

№ правильного ответа: 4.

10.1.6. Если раскалённую металлическую деталь опустить в холодную воду, то средняя скорость теплового движения частиц

- 1) и детали, и воды начнёт уменьшаться;
- 2) и детали, и воды начнёт увеличиваться;
- 3) детали начнёт уменьшаться, а воды – увеличиваться;
- 4) детали начнёт увеличиваться, а воды – уменьшаться.

#### 10.1.6. Решение

Температура это физическая величина, которая характеризует интенсивность теплового движения молекул, чем больше средняя скорость теплового движения частиц, тем выше температура. Понятно, что когда нагретую деталь поместили в холодную воду, температура детали будет уменьшаться, а воды увеличиваться, аналогично будет изменяться и средняя скорость теплового движения частиц этих объектов.

№ правильного ответа: 3.

10.1.7. Камень, подброшенный вверх в точке 1, совершает падение в тормозящей его движение атмосфере. Траектория движения камня изображена на рисунке. Кинетическая энергия камня имеет

- 1) минимальное значение в положении 1;
- 2) минимальное значение в положении 2;
- 3) минимальное значение в положении 4;
- 4) одинаковые значения в положениях 1 и 3.

#### 10.1.7. Решение

При решении подобных задач рекомендуется проанализировать как изменяется энергия в течение полета камня. В положении 1 камню сообщили некоторое начальное количество энергии. Если отсчитывать потенциальную энергию от начального уровня (точки 1 и 3), то в начальной точке 1 вся энергия камня - кинетическая. По мере подъема камня от точки 1 до точки 2 кинетическая энергия камня будет уменьшаться, а потенциальная энергия увеличиваться, при этом поскольку в задаче учитывается сопротивление воздуха, полное количество механической энергии камня будет уменьшаться и потенциальная энергия в точке 2 будет меньше, чем кинетическая в точке 1. В положении 2 - высшей точке подъема камня - кинетическая энергия обращается в 0 и это наименьшее возможное значение кинетической энергии, поскольку она величина неотрицательная. При движении камня от точки 2 до точки 3 потенциальная энергия уменьшается до 0, а кинетическая возрастает до некоторого значения, меньшего чем в положении 1 из-за сопротивления воздуха. Затем при движении от точки 3 к точке 4 потенциальная энергия продолжит уменьшаться (станет отрицательной), а кинетическая увеличиваться. После такого анализа выбор правильного ответа очевиден.

№ правильного ответа: 2.

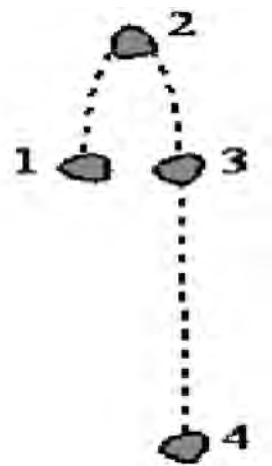


Рис. 15: к заданию 10.1.7.



10.1.8. Произошла следующая ядерная реакция:  ${}^8_{18}\text{O} + {}^1_1\text{p} = \text{X} + {}^9_{18}\text{F}$ . Какая частица X выделилась в результате реакции?

- 1) нейтрон; 2) протон; 3)  $\alpha$ -частица; 4)  $\beta$ -частица.

*10.1.8. Решение*

При ядерных реакциях сумма массовых чисел (верхние индексы) и сумма зарядовых чисел (нижние индексы) реагирующих ядер сохраняется. Таким образом  $18 + 1 = A_x + 18$  и  $8 + 1 = Z_x + 9$ , откуда  $A_x = 1$  и  $Z_x = 0$ , то есть частица X является нейтроном.

№ правильного ответа: 1.

*Ответом к заданиям 10.1.9 и 10.1.10 будет некоторая последовательность цифр. Впишите в таблицу внизу задания цифры – номера выбранных ответов. Каждую цифру пишите в отдельной ячейке. Цифры в ответах могут повторяться.*

10.1.9. Нихромовую спираль электроплитки заменили на никелиновую такой же площади поперечного сечения, но в два раза большей длины. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при включении плитки в электрическую сеть. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

- А) сила электрического тока в спирали;  
 Б) электрическое сопротивление спирали;  
 В) мощность электрического тока, потребляемая плиткой.

**ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ**

- 1) увеличилась;  
 2) уменьшилась;  
 3) не изменилась.

*10.1.9. Решение*

Сопротивление проволоки рассчитывается по известной формуле  $R = \rho \frac{l}{S}$ . Удельное сопротивление никелина в 2,75 раза меньше чем нихрома, а длина спирали по условию увеличилась только в 2 раза при неизменном сечении. Поэтому сопротивление никелиновой спирали будет меньше, чем нихромовой, т.е. сопротивление уменьшится. Спираль включается в электрическую сеть, значит напряжение на ней не изменяется. Соответственно сила тока по закону Ома  $I = \frac{U}{R}$  увеличится, и мощность, потребляемая плиткой, согласно формуле  $P = \frac{U^2}{R}$ , также увеличится.

Ответ: А1, Б2, В1.

10.1.10. На рисунке графически изображён процесс теплообмена для случая, когда в нагретую до  $40^\circ\text{C}$  воду опускают кусок льда такой же массы. Потерями энергии при теплообмене можно пренебречь. Используя рисунок, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Вода отдаёт часть своей внутренней энергии в резуль-

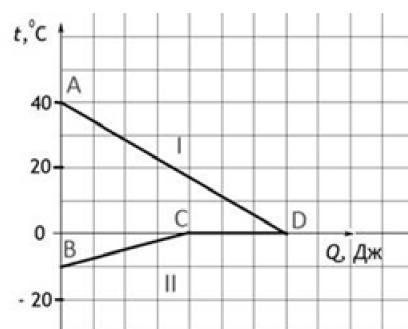


Рис. 16: к заданию 10.1.10.

тате теплообмена;

2) Лёд отдаёт часть внутренней энергии в результате теплообмена;

3) Отрезок CD соответствует количеству теплоты, полученному льдом при плавлении;

4) Отрезок BC соответствует количеству теплоты, полученному льдом при плавлении;

5) На участке CD внутренняя энергия льда не меняется.

#### 10.1.10. Решение

При решении задач такого типа рекомендуется установить истинность или ложность всех представленных утверждений. 1) Поскольку начальная температура воды больше, чем льда, то в процессе теплообмена вода действительно отдает часть своей внутренней энергии, следовательно первое утверждение истинно. 2) По той же причине лед получает, а не отдает внутреннюю энергию, поэтому второе утверждение ложно. 3) На отрезке CD температура льда не изменяется и равна  $0^{\circ}\text{C}$ , следовательно отрезок CD соответствует процессу таяния льда и его длина соответствует количеству теплоты, полученной льдом при плавлении, то есть третье утверждение верно. 4) На отрезке BC температура льда изменяется, поэтому этот участок соответствует нагреванию льда, а не его плавлению. Четвертое утверждение ложно. 5) Отрезок CD соответствует плавлению льда, этот процесс идет с поглощением энергии, то есть внутренняя энергия системы увеличивается, причем поскольку температура системы не изменяется, то увеличивается внутренняя энергия связанная с взаимодействием молекул (потенциальная), а не с тепловым движением молекул (кинетическая), которая остается постоянной. Поэтому пятое утверждение ложно.

Ответ: 13.

### Часть В

*Задания 10.1.11 и 10.1.12 представляют собой расчетные задачи, которые необходимо решить и полученный численный ответ с единицами измерений записать в указанном в тексте задания месте.*

10.1.11. Сколько литров бензина израсходовал двигатель автомобиля, прошедшего путь 300 км со средней скоростью 100 км/ч, если механическая мощность двигателя равна 46 кВт? КПД двигателя равен 36%. Ответ округлить до десятых.

#### 10.1.11. Решение

Количество тепла, которое выделится при сжигании искомого количества бензина

$$Q = qm = q\rho V,$$

где  $q = 4.6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  - удельная теплота сгорания бензина,  $\rho = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  - плотность бензина,  $m$  и  $V$  - масса и объем бензина соответственно. Согласно условию  $\eta = 36\%$  этого количества тепла пошло на совершение механической работы двигателем автомобиля.

$$A_{\text{мех}} = P_{\text{мех}}t = \eta Q = \eta q\rho V,$$

Время движения автомобиля  $t$  можно выразить как

$$t = \frac{S}{v}.$$

Таким образом получается соотношение

$$P_{\text{мех}} \frac{S}{v} = \eta q\rho V,$$

откуда

$$V = \frac{P_{\text{мех}} S}{\eta q \rho v}.$$

При подстановке численных данных надо не забыть выразить все величины в системе СИ

$$V = \frac{46 \cdot 10^3 \text{Вт} \cdot 300 \cdot 10^3 \text{м}}{0.36 \cdot 4.6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 100 \frac{1000 \text{м}}{3600 \text{с}}} = 4.29 \cdot 10^{-2} \text{м}^3 = 42.9 \text{л}.$$

Ответ: 42.9 л.

10.1.12. В вертикальном однородном магнитном поле на горизонтальных рельсах перпендикулярно им расположен горизонтальный стальной брусок (см. рис.). Модуль вектора магнитной индукции равен 0,1 Тл. Чтобы брусок сдвинуть с места, по нему необходимо пропустить ток в 40 А. Расстояние между рельсами 15 см, масса бруска 300 г. Чему равен коэффициент трения скольжения между бруском и рельсами?



Рис. 17: к заданию 10.1.12.

#### 10.1.12. Решение

На брусок с током в магнитном поле действует сила Ампера, направленная перпендикулярно магнитному полю и току. То есть сила Ампера и есть та сила, которая стремится сдвинуть брусок по рельсам. Кроме того на брусок действуют сила тяжести, сила нормальной реакции опоры и сила трения. Рекомендуется нарисовать диаграмму приложенных сил самостоятельно. Брусок начнет скользить, если сила Ампера превысит максимальную силу трения (т.е. силу трения скольжения)

$$F_A = BIL > F_{\text{тр}} = \mu mg.$$

Поэтому для коэффициента трения можно получить условие

$$\mu < \frac{BIL}{mg}.$$

В задаче указан минимальный ток, при котором брусок начинает двигаться, что отвечает ситуации, когда вышеприведенная формула обращается в равенство

$$\mu = \frac{B I_{\text{min}} L}{mg} = \frac{0.1 \text{Тл} \cdot 40 \text{А} \cdot 0.15 \text{м}}{0.3 \text{кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0.2.$$

Ответ: 0.2.

### Часть С

Для заданий 10.1.13–10.1.17 необходимо на чистовике записать полное решение, включающее запись краткого условия задачи (Дано), поясняющие рисунки (при необходимости), запись формул, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования и расчёты, приводящие к числовому ответу.

10.1.13. Известно, что скорость  $v$  истечения невязкой жидкости через отверстие в тонкой стенке сосуда, которое находится на глубине  $h$  от поверхности жидкости, такая же,

как и у тела, свободно падающего с высоты  $h$ , т.е.  $v = \sqrt{2gh}$  (формула Торричелли). Имеется достаточно широкий и высокий цилиндрический сосуд, в боковой стенке которого у самого дна сделано отверстие площадью  $S = 0.1 \text{ см}^2$ . Внутри сосуда находится деревянный кубик с ребром  $d = 30 \text{ см}$ , соединенный с дном сосуда невесомой нерастяжимой нитью длиной  $L = 60 \text{ см}$ . В некоторый момент открывают водопроводный кран и в сосуд начинает поступать вода. Объемный расход воды постоянен и равен  $Q = 2.4 \text{ л/мин}$ . Спустя некоторое время уровень воды в цилиндре стабилизируется. Определить, чему равна при этом сила натяжения нити?

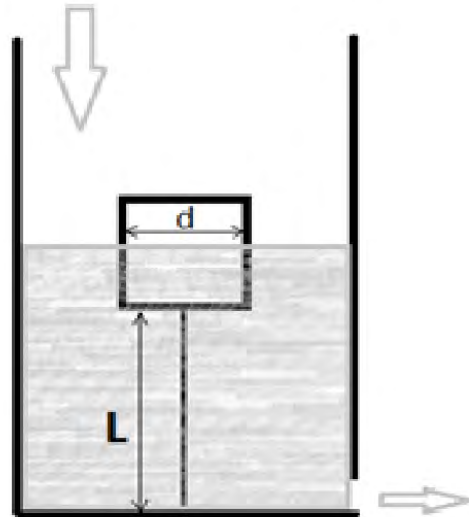
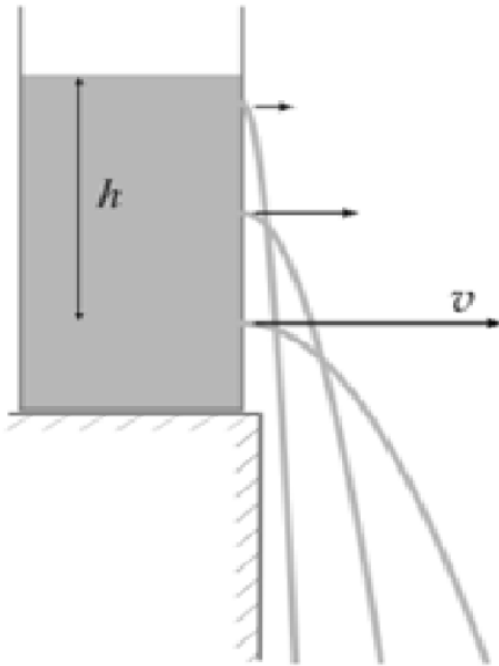


Рис. 19: к заданию 10.1.13.

Рис. 18: поясняющий формулу Торричелли

#### 10.1.13. Решение

Уровень воды стабилизируется на такой высоте над дном сосуда, при которой количество воды, вытекающей за единицу времени через отверстие, сравнивается с количеством воды, поступающим в сосуд из крана за то же время.

$$Q = Sv = S\sqrt{2gh}.$$

Из этой формулы можно определить на какой высоте стабилизируется уровень воды в сосуде

$$h = \frac{Q^2}{2gS^2}.$$

При подстановке в формулу числовых значений величин важно их выразить в одной системе единиц. Чтобы показать, что выражать величины можно не только в системе СИ, при вычислениях в формуле ниже использована система единиц СГС

$$h = \frac{(40 \text{ см}^3/\text{с})^2}{2 \cdot 1000 \frac{\text{см}}{\text{с}^2} \cdot (0.1 \text{ см}^2)^2} = 80 \text{ см} = 0.8 \text{ м}.$$

Так как плотность дерева  $\rho = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  меньше плотности воды, то кубик будет всплывать, насколько ему позволит нить. Данные задачи таковы, что в стационарном состоянии кубик частично (на 20 см) будет погружен в воду. При этом его равновесие обеспечивается

действием сил тяжести, натяжения нити  $T$  и силы Архимеда  $F_A$ . Рекомендуется нарисовать диаграмму приложенных сил самостоятельно. Условие равновесия кубика тогда выглядит таким образом

$$F_A = T + mg.$$

Сила Архимеда равна весу вытесненной воды, то есть

$$F_A = \rho_{\text{воды}} g V_{\text{погр}} = \rho_{\text{воды}} g (h - L) d^2.$$

Таким образом сила натяжения нити равна

$$T = F_A - mg = \rho_{\text{воды}} g (h - L) d^2 - \rho_{\text{дерева}} g d^3 = 45 \text{ Н}.$$

Ответ: 45 Н.

10.1.14. Имеется схема, показанная на рисунке. Клеммы подключены к источнику постоянного напряжения, в результате чего вольтметр показывает  $U_V = 18 \text{ В}$ , а амперметр показывает  $I_A = 1,5 \text{ А}$ . Какая суммарная мощность при этом выделяется на всех резисторах? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

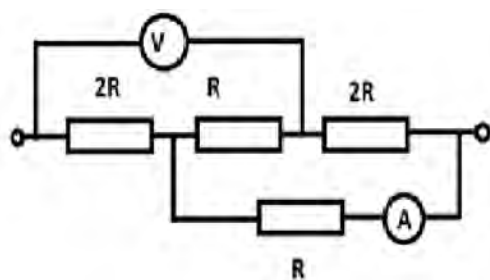


Рис. 20: к заданию 10.1.14.

#### 10.1.14. Решение

В приведенной схеме имеется участок, состоящий из двух параллельных ветвей. Одна ветвь включает последовательно соединенные резисторы  $R$  и  $2R$ , вторая - резистор  $R$  и амперметр. Соответственно сопротивление первой ветви равно  $3R$ , а второй  $R$ . Для параллельного соединения известно соотношение токов, протекающих по параллельным ветвям (следствие закона Ома):

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Таким образом в данной задаче

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_1}{I_A} = \frac{R}{3R} = \frac{1}{3},$$

откуда

$$I_1 = \frac{1}{3} I_A = 0,5 \text{ А}.$$

Полный ток  $I_0$ , протекающий по цепи, равен сумме токов, протекающих по параллельным ветвям

$$I_0 = I_1 + I_2 = I_1 + I_A = 2 \text{ А}.$$

Вольтметр в схеме показывает сумму напряжения на резисторе  $2R$  (через который протекает ток  $I_0$ ) и напряжения на резисторе  $R$  из первой ветви (через который протекает ток  $I_1$ ), следовательно,

$$U_V = 2RI_0 + RI_1 = R(2I_0 + I_1),$$

откуда

$$R = \frac{U_V}{2I_0 + I_1} = \frac{18 \text{ В}}{4,5 \text{ А}} = 4 \text{ Ом}.$$

Теперь можно найти полное сопротивление цепи

$$R_0 = 2R + \frac{R \cdot 3R}{R + 3R} = 2.75R = 11 \text{ Ом.}$$

Зная полное сопротивление данной цепи и полный ток, протекающий через нее, легко вычислить выделяемую мощность по закону Джоуля-Ленца

$$P = I_0^2 R = 4A^2 \cdot 11 \text{ Ом} = 44 \text{ Вт.}$$

Ответ: 44 Вт.

10.1.15. В калориметр налито  $m_{\text{в}} = 128 \text{ г}$  воды при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ . В верхней части калориметр перекрыт горизонтальным слоем льда толщиной  $h = 5 \text{ см}$ , имеющем температуру  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ . Лед прочно примерз к стенкам калориметра, между льдом и водой находится воздух. Считать, что стенки калориметра, воздух и лед тепла не проводят, конвекцией и излучением также можно пренебречь. На слой льда сверху ставят нагретый бронзовый кубик со стороной  $a = 4 \text{ см}$ . Какова начальная температура этого кубика  $t_0$ , если в калориметре установилась равновесная температура  $t_p = 25^\circ\text{C}$ . Считать, что вся вода, получившаяся при таянии льда, стекает вниз и добавляется к воде, налитой в калориметр. Ответ округлить до целых.

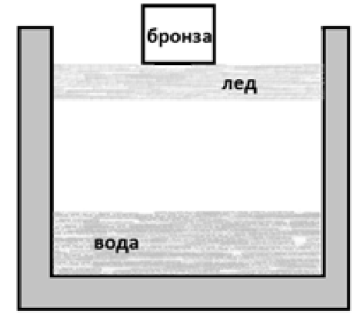


Рис. 21: к заданию 10.1.15.

#### 10.1.15. Решение

Поскольку температура в калориметре повысилась, то значит кубик проплавил лед насквозь и упал в воду, находившуюся в калориметре. Туда же по условию стекла вода, образовавшаяся при таянии льда. Таким образом, тепло, отданное кубиком при охлаждении, пошло на плавление льда, нагревание получившейся воды от  $0^\circ\text{C}$  до  $25^\circ\text{C}$ , и на нагревание воды в калориметре от  $20^\circ\text{C}$  до  $25^\circ\text{C}$ . Масса льда, растопленного кубиком равна

$$m_{\text{л}} = a^2 h \rho_{\text{л}} = 16 \text{ см}^2 \cdot 5 \text{ см} \cdot 0.9 \text{ г/см}^3 = 72 \text{ г.}$$

Масса бронзового кубика

$$m_{\text{бп}} = a^3 \rho_{\text{бп}} = 64 \text{ см}^3 \cdot 8 \text{ г/см}^3 = 512 \text{ г.}$$

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$c_{\text{бп}} m_{\text{бп}} (t_0 - t_p) = m_{\text{л}} \lambda + m_{\text{л}} c_{\text{в}} (t_p - t_2) + m_{\text{в}} c_{\text{в}} (t_p - t_1).$$

Откуда искомая температура

$$t_0 = t_p + \frac{m_{\text{л}} \lambda + m_{\text{л}} c_{\text{в}} (t_p - t_2) + m_{\text{в}} c_{\text{в}} (t_p - t_1)}{c_{\text{бп}} m_{\text{бп}}};$$

$$t_0 = 25^\circ\text{C} + \frac{0.072 \text{ кг} \cdot 3.3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг} + 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \cdot 0.072 \text{ кг} \cdot 25^\circ\text{C} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \cdot 0.128 \text{ кг} \cdot 5^\circ\text{C}}{500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}} \cdot 0.512 \text{ кг}};$$

$$t_0 \approx 143^\circ\text{C}$$

Ответ:  $143^\circ\text{C}$ .

10.1.16. Гладкий склон горы плавно переходит в гладкую горизонтальную плоскость, на которой имеется шероховатый участок шириной  $L$ . Со склона горы с высоты  $H=9$  м без начальной скорости начинает соскальзывать тело массы  $m_1 = 2$  кг. На его пути на гладкой части горизонтальной плоскости (до шероховатого участка) первоначально покоится второе тело массы  $m_2 = 1$  кг. При какой максимальной ширине шероховатого участка  $L$  второе тело сможет его преодолеть после центрального абсолютно упругого столкновения? Коэффициент трения между шероховатой поверхностью и обоими телами  $\mu = 0.2$ .

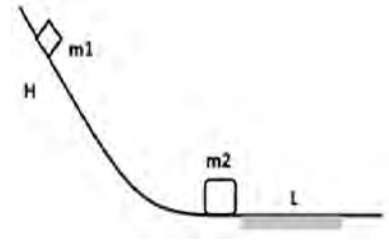


Рис. 22: к заданию 10.1.16.

*10.1.16. Решение*

Скорость первого тела после его съезда с горы можно найти по закону сохранения энергии

$$m_1 g H = \frac{m_1 v_1^2}{2};$$

$$v_1 = \sqrt{2gH}.$$

Далее, двигаясь с этой скоростью по гладкой горизонтальной плоскости, первое тело сталкивается со вторым. Так как столкновение по условию абсолютно упругое, то выполняется и закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии, который в случае движения по горизонтальной поверхности сводится к сохранению суммарной кинетической энергии. Поскольку столкновение центральное, то есть движение тел до и после столкновения происходит по одной прямой, то закон сохранения импульса можно записать в виде одного скалярного уравнения - для проекций импульсов тел на направление движения. Обозначим буквой  $u$  с соответствующим индексом скорости тел после столкновения, тогда можно написать следующие уравнения:

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2;$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}.$$

Эта система уравнений позволяет найти скорости обоих тел после столкновения, если известны скорости тел до столкновения (В данной задаче у второго тела нулевая скорость до столкновения, но в общем случае она может быть любая). У многих решение этой системы вызывает чисто математические трудности, поэтому разберем его более подробно. Для начала перенесем все слагаемые, относящиеся к первому телу, в левую часть, а в правой части оставим слагаемые, относящиеся ко второму телу:

$$m_1 v_1 - m_1 u_1 = m_2 u_2;$$

$$m_1 v_1^2 - m_1 u_1^2 = m_2 u_2^2.$$

Далее, используя очевидные алгебраические преобразования, получаем

$$m_1 (v_1 - u_1) = m_2 u_2;$$

$$m_1 (v_1 - u_1)(v_1 + u_1) = m_2 u_2^2.$$

Понятно, что каждое тело в результате столкновения изменило свою скорость, то есть  $v_1 \neq u_1$  и  $u_2 \neq 0$ , поэтому можно второе уравнение поделить на первое и получить уравнение, которое не будет содержать квадраты скоростей:

$$v_1 + u_1 = u_2.$$

Второе уравнение системы - закон сохранения импульса:

$$m_1 v_1 - m_1 u_1 = m_2 u_2.$$

Эта система уравнений решается уже просто и для скоростей тел после столкновения получаются формулы:

$$u_1 = v_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2};$$

$$u_2 = v_1 \frac{2m_1}{m_1 + m_2}.$$

Для решения данной задачи требуется только вторая формула для скорости  $u_2$ , которую можно переписать в виде:

$$u_2 = \sqrt{2gH} \frac{2m_1}{m_1 + m_2}.$$

С такой скоростью второе тело въезжает на шероховатый участок, где на него начинает действовать сила трения скольжения  $F_{\text{тр}} = \mu m_2 g$ , уменьшающая скорость движения. Дальше задачу можно решать используя формулы кинематики для равноускоренного движения (попробуйте сделать это самостоятельно), а можно применить закон сохранения энергии. При преодолении шероховатого участка сила трения совершает работу

$$A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} L = -\mu m_2 g L$$

за счет уменьшения кинетической энергии. По теореме о кинетической энергии можно написать

$$\Delta E_{\text{кин}} = A_{\text{тр}} = -\mu m_2 g L.$$

Таким образом, для того, чтобы тело преодолело шероховатый участок, его начальная кинетическая энергия должна превосходить по абсолютной величине работу силы трения, то есть

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} > \mu m_2 g L$$

или

$$u_2^2 > 2\mu g L.$$

Подставляя выражение для скорости  $u_2$  получаем

$$2gH \left( \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right)^2 > 2\mu g L,$$

откуда

$$L < H \frac{4m_1^2}{\mu(m_1 + m_2)^2} = 80 \text{ м.}$$

Следует отметить, что задача решалась в общем виде, то есть была получена окончательная формула, в которую подставлялись числовые данные, в результате чего получен целочисленный ответ. Можно было решать задачу с промежуточными вычислениями. То



есть находить сначала скорость  $v_1$ , затем  $u_2$  и так далее. При этом промежуточные результаты не будут выражаться рациональным числом и итоговый ответ будет менее точным. Хотя при оценивании решения задачи способ решения не имеет значения, надо понимать, что при решении с промежуточными вычислениями вероятность совершить ошибку увеличивается.

Ответ:  $L_{\text{макс}} = 80$  м.

10.1.17. Главная оптическая ось собирающей линзы с фокусным расстоянием  $f = 24$  см совпадает с координатной осью ОХ. Оптический центр линзы расположен в начале координат. На линзу падает сонаправленный с осью ОХ пучок лучей. Плоское зеркало, перпендикулярное оптической оси смещается за  $t = 3$  из точки с  $x_1 = 21$  см в точку с  $x_2 = 15$  см. Определить координаты начального и конечного положения точки пересечения лучей и ее среднюю скорость (величину и направление) за время движения. Поясняющий рисунок обязателен. Считать, что диаметр пучка совпадает с диаметром линзы, зеркало достаточно большое, чтобы на него попали все требуемые лучи, главная ось линзы одновременно и ось симметрии всей системы.

#### 10.1.17. Решение

Пучок лучей, падающих на линзу параллельно главной оптической оси, после прохождения линзы пересекается в главном фокусе линзы. Значит, если бы не было зеркала, то лучи пересеклись бы в точке с координатой  $x = f = 24$  см, но так как между линзой и фокусом расположено зеркало, то сходящиеся лучи, отразившись от зеркала пересекутся перед ним. Из закона отражения (угол отражения равен углу падения) очевидно следует, что расстояние от точки пересечения до зеркала равно расстоянию от зеркала до фокуса:

$$x_{\text{зер.}} - x_{\text{т.п.}} = f - x_{\text{зер.}}$$

Таким образом координата точки пересечения может быть найдена по формуле:

$$x_{\text{т.п.}} = 2x_{\text{зер.}} - f.$$

Подставляя данные задачи получаем

$$x_{\text{т.п.нач.}} = 2x_1 - f = 2 \cdot 21 \text{ см} - 24 \text{ см} = 18 \text{ см};$$

$$x_{\text{т.п.кон.}} = 2x_2 - f = 2 \cdot 15 \text{ см} - 24 \text{ см} = 6 \text{ см}.$$

Средняя скорость точки пересечения по определению равна:

$$v_{\text{ср}} = \frac{x_{\text{т.п.кон.}} - x_{\text{т.п.нач.}}}{t} = \frac{6 \text{ см} - 18 \text{ см}}{3 \text{ с}} = -4 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$

Знак "минус" означает, что точка пересечения лучей движется против направления оси ОХ к линзе.

Ответ:  $x_{\text{т.п.нач.}} = 18$  см,  $x_{\text{т.п.кон.}} = 6$  см,  $v_{\text{ср}} = -4 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ .

## 4.2 Решение типовых задач части С

10.2.1. Тело массы  $m_2 = 2$  кг лежит на шероховатой горизонтальной поверхности. К нему прикреплена невесомая нерастяжимая нить, перекинутая через идеальный неподвижный блок. Нить выдерживает максимальное натяжение  $T_{max} = 20$  Н. К другому концу нити прикрепляют тело массы  $m_1$ . При какой массе этого тела нить порвется? Коэффициент трения между телом  $m_2$  и горизонтальной поверхностью  $\mu = 0,5$ .

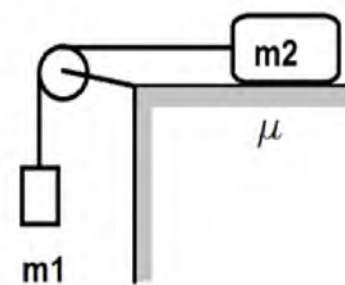


Рис. 23: к заданию 10.2.1.

### 10.2.1. Решение

При решении подобных задач надо прежде всего определить силы, действующие на все тела. В данной задаче на тело  $m_1$  действуют сила тяжести (вертикально вниз) и сила натяжения нити (вертикально вверх). На тело  $m_2$  по горизонтали действуют сила натяжения нити (влево) и сила трения (вправо), а по вертикали - сила тяжести и сила нормальной реакции опоры. Нарисуйте диаграмму сил самостоятельно. Так как нить невесома и блок идеален, то в любой точке нити сила натяжения  $T$  по величине одинакова. Кроме того, так как нить нерастяжима, то ускорения обоих тел одинаковы по величине. Запишем второй закон Ньютона для каждого тела в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси:

$$m_1 a = m_1 g - T;$$

$$m_2 a = T - F_{\text{тр}};$$

$$0 = m_2 g - N.$$

Из последнего уравнения получаем  $N = m_2 g$ , тогда для силы трения можно написать  $F_{\text{тр}} \leq \mu m_2 g$ . В последнем выражении неравенство соответствует ситуации покоя, а равенство - движению тел. Для упрощения решения подобных задач обычно предполагают, что тела движутся, то есть сила трения представляет собой силу трения скольжения, а не покоя, при этом надо обязательно помнить об ограничениях, которые конфигурация системы тел накладывает на их движение. В данной задаче первое тело может двигаться только вниз, а второе - только влево, что соответствует положительному значению ускорения  $a > 0$ . Поэтому, если при решении для ускорения получится отрицательное значение, то это означает не движение первого тела вверх, как иногда неправильно отвечают, а то, что предположение о движении тел было неверным и тела покоятся. С учетом всего сказанного система уравнений примет вид:

$$m_1 a = m_1 g - T;$$

$$m_2 a = T - \mu m_2 g;$$

$$a > 0.$$

Складывая уравнения легко получить

$$a = g \frac{m_1 - \mu m_2}{m_1 + m_2},$$

при этом, чтобы тела двигались, должно выполняться условие

$$m_1 > \mu m_2.$$

Подставляя выражение для ускорения, находим формулу для силы натяжения нити:

$$T = g(1 + \mu) \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}.$$

Видно, что с ростом  $m_1$  растет и  $T$ , поэтому при достаточно большой массе первого тела нить оборвется. Выразим из последней формулы  $m_{1_{max}}$ :

$$m_{1_{max}} = \frac{m_2 T_{max}}{m_2 g(1 + \mu) - T_{max}} = 4 \text{ кг.}$$

Легко убедиться, что при такой массе первого тела, ускорения тел положительны, то есть предположение о том, что тела движутся - верно, и полученные формулы справедливы. Ответ: 4 кг.

10.2.2. Два сплошных однородных шара с радиусами  $R$  и  $4R$ , сделанными из одного и того же материала, сбрасывают с высоты настолько большой, что в течение времени малого по отношению ко времени падения из-за сопротивления воздуха их скорости становятся постоянными. При этом сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости шара и квадрату радиуса шара. Найти отношение времен падения шаров.

### 10.2.2. Решение

На каждый шар во время падения действуют сила тяжести  $mg$ , направленная вертикально вниз и сила сопротивления воздуха  $F_{\text{сопр}} = kv^2 R^2$ , направленная против скорости шара  $\vec{v}$ , то есть вертикально вверх ( $k$  - некоторый коэффициент пропорциональности, одинаковый для обоих шаров). Причем очевидно, что если сила тяжести постоянна, то сила сопротивления растет с увеличением скорости, поэтому в начале падения сила сопротивления меньше силы тяжести и шар движется с ускорением (переменным по величине), направленным вниз, но при некоторой скорости падения шара сила сопротивления сравняется с силой тяжести и шар будет падать с постоянной скоростью, значение которой легко выразить из второго закона Ньютона:

$$ma = 0 = mg - kv^2 R^2,$$

то есть

$$v = \sqrt{\frac{mg}{kR^2}}.$$

Масса шара связана с его радиусом  $R$  и плотностью  $\rho$  выражением:

$$m = \frac{4}{3}\pi\rho R^3.$$

Тогда для установившейся скорости падения шара можно написать:

$$v = \sqrt{\frac{4\pi\rho g R}{3k}}.$$

Таким образом установившиеся скорости падения шаров в данной задаче соотносятся как

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{R}{4R}} = \frac{1}{2}.$$

По условию задачи время неравномерного движения шаров, а значит и пройденный за это время путь, пренебрежимо малы, поэтому можно считать, что шары пролетают одно и то

же расстояние с постоянными скоростями. Понятно, что в этом случае времена падения (время первого : время второго) шаров соотносятся как

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_2}{v_1} = 2.$$

Ответ:  $\frac{t_1}{t_2} = 2$ .

10.2.3. Тело свободно падает с высоты  $H = 15$  м без начальной скорости. Определить скорость тела в тот момент, когда его потенциальная энергия в два раза превышает его кинетическую энергию.

### 10.2.3. Решение

По условию тело падает свободно, то есть под действием только силы тяжести, поэтому полная механическая энергия тела сохраняется. Запишем закон сохранения энергии:

$$mgH = mgh + \frac{mv^2}{2},$$

где  $v$  - скорость тела на некоторой промежуточной высоте  $h$ . По условию задачи надо найти скорость тела, когда выполняется соотношение:

$$mgh = 2E_{\text{кин}} = mv^2,$$

с учетом которого закон сохранения будет иметь вид

$$mgH = \frac{3mv^2}{2}.$$

Откуда искомая скорость равна

$$v = \sqrt{\frac{2}{3}gH} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

10.2.4. В калориметре находится  $m_1 = 800$  г воды при температуре  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ . В воду опускают электронагреватель сопротивлением  $R = 200$  Ом, который на  $\tau = 1$  мин 40 сек подключают к источнику напряжения  $U = 300$  В. После этого в воду кидают кусок льда массой  $m_2 = 200$  г при температуре  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ . Определить конечную температуру и конечное количество воды в калориметре.

### 10.2.4. Решение

Включенный в цепь нагреватель отдает находящейся в калориметре воде количество теплоты, определяемой по формуле:

$$Q_{\text{нагр}} = \frac{U^2}{R}\tau = 45 \text{ кДж}.$$

В результате вода нагреется до температуры  $t_{\text{max}}$ , которую можно определить из уравнения теплового баланса:

$$Q_{\text{нагр}} = c_1 m_1 (t_{\text{max}} - t_1);$$
$$t_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{нагр}}}{c_1 m_1} + t_1 = 24,4^\circ\text{C}.$$

Отметим, что для получения окончательного ответа данной задачи это значение не требуется, но его вычисление, строго говоря, необходимо, чтобы убедиться, что в результате работы нагревателя не достигается температура кипения воды. При остывании нагретой воды до температуры плавления  $t_2 = 0^\circ\text{C}$  выделится

$$Q_1 = c_1 m_1 t_{max} = c_1 m_1 t_1 + Q_{нагр} = 78,6 \text{ кДж.}$$

Для плавления всего брошенного в калориметр льда потребуется  $Q_2 = \lambda m_2 = 66 \text{ кДж}$ . Так как  $Q_2 < Q_1$ , то весь лед растает и получившаяся вода нагреется до некоторой равновесной температуры  $t_3$ . Таким образом окончательное уравнение теплового баланса для данной задачи будет иметь вид:

$$c_1 m_1 (t_1 - t_3) + Q_{нагр} = \lambda m_2 + c_2 m_2 (t_3 - t_2).$$

Из него легко можно получить выражение для конечной температуры:

$$t_3 = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 + Q_{нагр} - \lambda m_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} = 3^\circ\text{C}.$$

Конечное количество воды в калориметре равно:

$$m_{воды} = m_1 + m_2 = 1 \text{ кг}$$

Ответ:  $3^\circ\text{C}$ , 1 кг.

10.2.5. В калориметре находится 500 мл воды при температуре  $t_1 = 25^\circ\text{C}$ . Какое максимальное количество льда при температуре  $t_2 = -10^\circ\text{C}$  можно поместить в калориметр, чтобы весь этот лед растаял. Теплоемкостью калориметра и его теплообменом с окружающей средой пренебречь.

#### 10.2.5. Решение

В данной задаче вода рассматривается процесс теплообмена между водой и льдом, при этом вода отдает тепло, а лед получает. По условию требуется найти максимальное возможное количество растаявшего льда, соответственно вода должна отдать максимальное возможное количество теплоты, то есть она должна охладиться до температуры плавления  $t_{пл} = 0^\circ\text{C}$ . Поэтому количество тепла, отданное водой равно

$$Q_{воды} = c_{воды} m_{воды} (t_1 - t_{пл}) = 52,5 \text{ кДж.}$$

Для того, чтобы лед растаял, он должен нагреться до температуры плавления  $t_{пл}$  и затем получить достаточное количество теплоты для самого процесса плавления, которое идет с поглощением энергии. Количество тепла которое потребуется можно рассчитать по формуле:

$$Q_{льда} = c_{льда} m_{льда} (t_{пл} - t_2) + \lambda m_{льда}.$$

Согласно уравнению теплового баланса  $Q_{воды} = Q_{льда}$ , следовательно

$$m_{льда} = \frac{Q_{воды}}{c_{льда} (t_{пл} - t_2) + \lambda} = 0,15 \text{ кг}$$

Ответ: 0,15 кг.

10.2.6. Имеется два куска проволоки одинаковой массы 10 г и одинаковой длины 10 м. Один кусок из алюминия, другой – медный. Их соединяют последовательно и подключают к источнику постоянного тока. Напряжение между точками подключения оказалось равно 22,7 В. Какой ток протекает по проволокам?

*10.2.6. Решение*

Сопротивление проволоки рассчитывается по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление материала проволоки, а  $S$  - ее сечение, которое можно найти, если известна плотность материала  $d$ :

$$S = \frac{m}{dl}.$$

*Заметим, что в данной задаче используется две величины - плотность и удельное сопротивление, которые традиционно обозначаются одной буквой  $\rho$ . Чтобы избежать возможных ошибок в данном решении плотность обозначили буквой  $d$ . Такая ситуация иногда встречается, особенно в задачах повышенной сложности и требует дополнительного внимания при решении.*

Таким образом окончательно для сопротивления проволоки можно написать:

$$R = \frac{\rho dl^2}{m}.$$

При последовательном соединении проволок ток протекающий по каждой из них одинаков, а сопротивления проволок складываются и полное сопротивление схемы равно:

$$R_{\text{общ}} = R_{Al} + R_{Cu} = (\rho_{Al}d_{Al} + \rho_{Cu}d_{Cu}) \frac{l^2}{m}.$$

По закону Ома искомый ток равен:

$$I = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = \frac{mU}{(\rho_{Al}d_{Al} + \rho_{Cu}d_{Cu})l^2}.$$

При подстановке числовых данных надо следить, чтобы они были представлены в одной системе единиц, лучше всего в СИ.

$$I = \frac{0,01\text{кг} \cdot 22,7\text{В}}{(2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 2,8 \cdot 10^{-8}\text{Ом} \cdot \text{м} + 8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}\text{Ом} \cdot \text{м})(10\text{м})^2} = 0,1\text{А}.$$

Ответ: 0,1 А.

10.2.7. Известно, что водные растворы солей являются хорошими проводниками электрического тока. При этом, в первом приближении можно считать, что удельное сопротивление раствора какой-либо соли обратно пропорционально его концентрации, т.е. отношению массы соли  $m$  к объему раствора  $V$ . В прямоугольную кювету, торцевые стенки которой металлические (электроды), а остальные сделаны из изолятора, налили 1 литр дистиллированной воды и насыпали 1 г

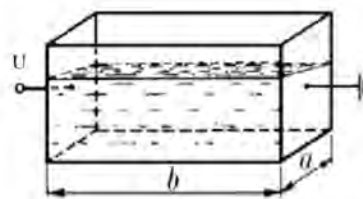


Рис. 24: к заданию 10.2.7.

поваренной соли. После ее полного растворения к электродам подключили источник постоянного напряжения  $U$ , в результате чего через кювету стал протекать ток 1 А. Какой ток потечет через кювету, если туда налить еще 1 литр воды и добавить 2 г поваренной соли. Объем кюветы достаточно большой, чтобы вместить весь раствор, объемом соли по сравнению с объемом воды можно пренебречь.

### 10.2.7. Решение

Сопротивление кюветы рассчитывается по формуле

$$R = \rho \frac{b}{ah},$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление раствора, а  $h$  - расстояние от дна кюветы до поверхности налитого раствора (глубина). По условию  $\rho = k \frac{V}{m}$ , где  $k$  - некоторый коэффициент пропорциональности, а  $V = abh$ . Тогда

$$R = k \frac{V}{m} \frac{b}{a \frac{V}{ab}} = \frac{kb^2}{m},$$

то есть сопротивление раствора обратно пропорционально массе растворенного вещества. Соответственно ток через кювету по закону Ома прямо пропорционален массе растворенного вещества:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{Um}{kb^2}.$$

Так как масса растворенной в кювете соли увеличилась в 3 раза, то и ток в кювете увеличился в 3 раза и стал равен 3А.

Ответ: 3 А.

10.2.8. Имеется схема, показанная на рисунке. Клеммы подключены к источнику постоянного напряжения, в результате чего вольтметр  $V_1$  показывает 14 В. Какое напряжение при этом показывает вольтметр  $V_2$ ? Оба вольтметра считать идеальными.

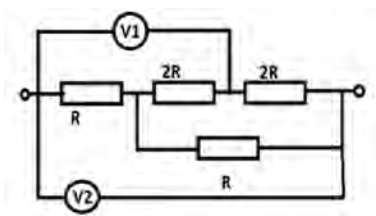


Рис. 25: к заданию 10.2.8.

### 10.2.8. Решение

В приведенной схеме резистор  $R$  последовательно соединен с участком, состоящим из двух параллельных ветвей. Одна (верхняя) ветвь включает два последовательно соединенных резистора  $2R$ , вторая (нижняя) - резистор  $R$ . Соответственно сопротивление первой ветви равно  $4R$ , а второй  $R$ . Для параллельного соединения известно соотношение токов, протекающих по параллельным ветвям (следствие закона Ома):

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{4}.$$

Поэтому  $I_2 = 4I_1$ , а полный ток, протекающий по цепи  $I = I_1 + I_2 = 5I_1$ . Напряжение  $U_1$ , которое показывает первый вольтметр, как видно из схемы, равно сумме падения напряжения на резисторе  $R$ , через который протекает ток  $I$ , и падения напряжения на резисторе  $2R$  первой ветви, через которое протекает ток  $I_1$ :

$$U_1 = IR + I_1 \cdot 2R = 7I_1R = 14\text{В}.$$

Поэтому  $I_1 R = 2$  В. Полное сопротивление всей цепи можно рассчитать по формуле:

$$R_{\text{полн}} = R + \frac{R \cdot 4R}{R + 4R} = \frac{9}{5}R.$$

Второй вольтметр показывает падение напряжения  $U_2$  на всей цепи, через которую протекает ток  $I$ . Поэтому его показания равны

$$U_2 = IR_{\text{полн}} = 5I_1 \cdot \frac{9}{5}R = 9I_1 R = 18 \text{ В}.$$

Ответ: 18 В.

10.2.9. Фасад  $AB$  дома длиной 120 м расположен параллельно автомобильной дороге  $CD$  на расстоянии 20 м от нее. Центральная треть фасада облицована зеркальным стеклом. У правого угла дома посередине между домом и дорогой стоит фонарь  $F$  ( $\triangle ABF$  – прямоугольный). Издалека слева по дороге едет автомобиль со скоростью  $v = 72$  км/ч. В течение какого интервала времени пассажир автомобиля будет наблюдать изображение фонаря в зеркальном стекле?

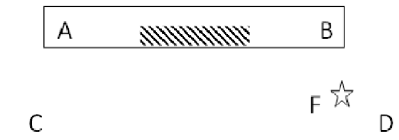


Рис. 26: к заданию 10.2.9.

10.2.9. Решение

По законам геометрической оптики изображение фонаря  $F$  будет находиться в точке  $F'$ , симметричной точке  $F$  относительно плоскости зеркала  $AB$ .

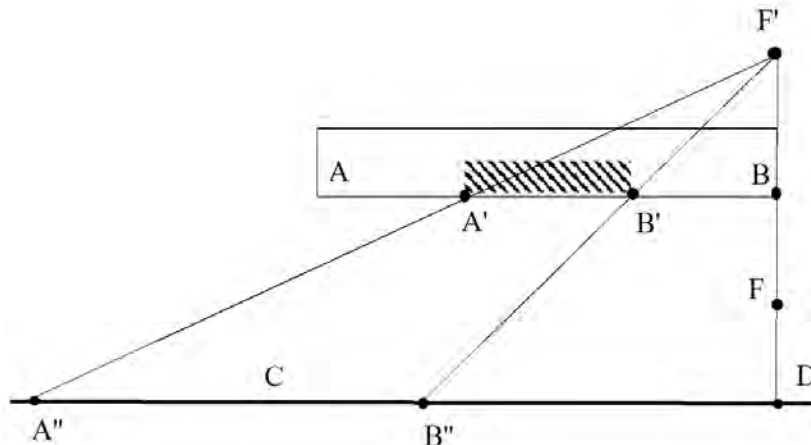


Рис. 27: Рис. к решению задачи 10.2.9.

Понятно, что видеть изображение можно из той области пространства, куда попадают лучи из точки  $F$ , отраженные от зеркала. Обозначим крайние точки зеркала  $A'$  и  $B'$ . Тогда область из которой можно видеть изображение ограничена лучами  $F'A'$  и  $F'B'$ . Поскольку автомобиль движется по дороге  $CD$ , то его пассажир может видеть изображение фонаря пока находится между точками  $A''$  и  $B''$  - точками пересечения указанных лучей с дорогой. Время  $t$ , в течение которого он видит изображение равно  $t = \frac{|A''B''|}{v}$ . Из подобия треугольников  $\triangle F'A'B'$  и  $\triangle F'A''B''$  следует, что  $\frac{|A''B''|}{|A'B'|} = \frac{|F'D|}{|F'B'|}$ . По условию  $|BD| = 20$  м,  $|BF| = |FD| = 10$  м. Из свойств зеркального изображения  $|F'B| = |FB|$ . Поэтому  $\frac{|F'D|}{|F'B|} = 3$ , соответственно  $|A''B''| = 3|A'B'| = 120$  м. Окончательно искомое время равно

$$t = \frac{120\text{м}}{20\text{м/с}} = 6 \text{ с}.$$

Ответ: 6 с.



## 4.3 Вариант вступительных испытаний для самостоятельного решения

### Часть А

К каждому из заданий 10.3.1–10.3.8 даны 4 варианта ответа, из которых только один правильный. Номер этого ответа запишите в указанном в тексте задания месте.

10.3.1. Тело массой  $m$ , брошенное с Земли вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ , поднялось на высоту  $h_0$ . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Полная механическая энергия тела на некоторой промежуточной высоте  $h$  равна

- 1)  $mgh$ ; 2)  $mgh_0$ ; 3)  $mgh + \frac{mv_0^2}{2}$ ; 4)  $mgh_0 + \frac{mv_0^2}{2}$ .

10.3.2. На рисунке изображены две гири, висящие на невесомых нитях.

Масса каждой гири указана на рисунке. Сила натяжения нити

- 1) в точке А равна 8 Н, в точке В равна 2 Н;  
 2) в точке А равна 8 Н, в точке В равна 5 Н;  
 3) в точке А равна 3 Н, в точке В равна 5 Н;  
 4) в точке А равна 3 Н, в точке В равна 2 Н.

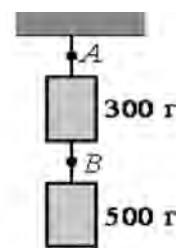


Рис. 28: к заданию 10.3.2.

10.3.3. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  от времени  $t$  для тела, движущегося прямолинейно. Равномерному движению соответствует участок

- 1) АВ;  
 2) ВС;  
 3) CD;  
 4) DE.

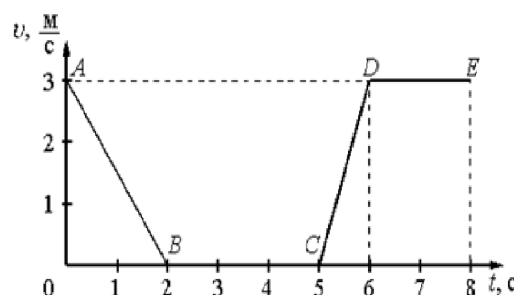


Рис. 29: к заданию 10.3.3.

10.3.4. Звуковые волны могут распространяться

- 1) только в газах;  
 2) только в жидкостях;  
 3) только в твёрдых телах;  
 4) в газах, жидкостях и твёрдых телах.

10.3.5. В сообщающиеся сосуды поверх воды налиты четыре различные жидкости, не смешивающиеся с водой. Уровень воды в сосудах остался одинаковым. Какая жидкость имеет наибольшую плотность?

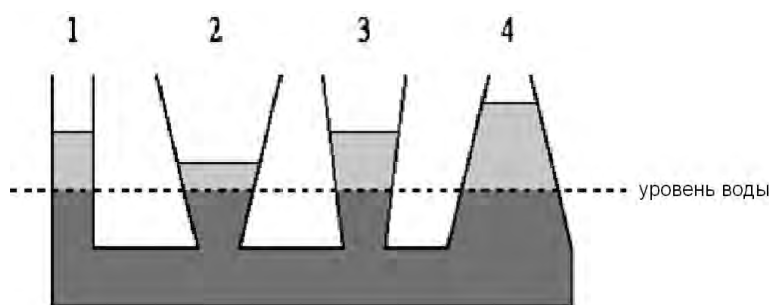


Рис. 30: к заданию 10.3.5.

10.3.6. В закрытой кастрюле находятся вода и водяной пар такой же массы при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ . Внутренняя энергия воды

- 1) равна внутренней энергии пара;
- 2) больше внутренней энергии пара;
- 3) меньше внутренней энергии пара;
- 4) равна нулю.

10.3.7. Камень, подброшенный вверх в точке 1, совершает падение в тормозящей его движению атмосфере. Траектория движения камня изображена на рисунке. Полная механическая энергия камня имеет

- 1) минимальное значение в положении 1;
- 2) минимальное значение в положении 2;
- 3) минимальное значение в положении 4;
- 4) одинаковые значения в положениях 1 и 3.

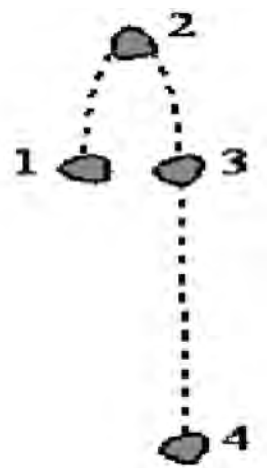


Рис. 31: к заданию 10.3.7.

10.3.8. Произошла следующая ядерная реакция:  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^1n = X + {}_{11}^{24}\text{Na}$ . Какая частица X выделилась в результате реакции?

- 1) нейтрон;
- 2) протон;
- 3)  $\alpha$ -частица;
- 4)  $\beta$ -частица.

*Ответом к заданиям 10.3.9 и 10.3.10 будет некоторая последовательность цифр. Впишите в таблицу внизу задания цифры – номера выбранных ответов. Каждую цифру пишите в отдельной ячейке. Цифры в ответах могут повторяться.*

10.3.9. Никелиновую спираль электроплитки заменили на нихромовую такой же площади поперечного сечения, но в два раза меньшей длины. Установите соответствие между физическими величинами и их возможными изменениями при включении плитки в электрическую сеть. Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

#### ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) электрическое сопротивление спирали;
- Б) сила электрического тока в спирали;
- В) мощность электрического тока, потребляемая плиткой.

#### ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ

- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

10.3.10. На рисунке графически изображён процесс теплообмена для случая, когда нагретый до  $t_2$  металлический брусок опускают в медный калориметр, содержащий воду при температуре  $t_1$ . Используя рисунок, выберите из предложенного перечня два верных утверждения.

- 1) В результате теплообмена установилась температура равная  $50^\circ\text{C}$ ;
- 2) Точка E на графике соответствует окончанию процесса нагревания калориметра;
- 3) Температура воды изменилась на большую величину, чем температура калориметра;
- 4) На нагревание воды и калориметра вместе потребовалось 800 Дж энергии;
- 5) Точка D на графике соответствует окончанию процесса нагревания воды.

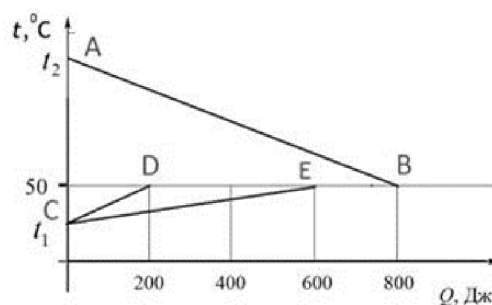


Рис. 32: к заданию 10.3.10.

### Часть В

*Задания 10.3.11 и 10.3.12 представляют собой расчетные задачи, которые необходимо решить и полученный численный ответ с единицами измерений записать в указанном в тексте задания месте.*

10.3.11. Какой путь прошел автомобиль, если при средней скорости 100 км/ч его двигатель израсходовал 40 л бензина? Механическая мощность двигателя автомобиля равна 46 кВт, КПД двигателя равен 30%. Ответ выразить в километрах, округлить до целых.

10.3.12. В вертикальном однородном магнитном поле на горизонтальных проводящих рельсах перпендикулярно им расположен горизонтальный стальной брусок. Модуль вектора магнитной индукции равен 0,1 Тл. Чтобы брусок сдвинуть с места, по нему необходимо пропустить ток в 40 А. Расстояние между рельсами 15 см, коэффициент трения скольжения между бруском и рельсами 0,3. Чему равна масса бруска? Ответ выразить в граммах, округлить до целых.



Рис. 33: к заданию 10.3.12.

### Часть С

*Для заданий 10.3.13–10.3.17 необходимо на чистовике записать полное решение, включающее запись краткого условия задачи (Дано), поясняющие рисунки (при необходимости), запись формул, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования и расчёты, приводящие к числовому ответу.*

10.3.13. Известно, что скорость  $v$  истечения невязкой жидкости через отверстие в тонкой стенке сосуда, которое находится на глубине  $h$  от поверхности жидкости, такая же, как и у тела, свободно падающего с высоты  $h$ , т.е.  $v = \sqrt{2gh}$  (формула Торричелли). Имеется достаточно широкий и высокий цилиндрический сосуд, в боковой стенке которого у самого дна сделано отверстие площадью  $S = 0,1 \text{ см}^2$ . Внутри сосуда на нерастяжимой невесомой нити подвешен кубик из дюралюминия с ребром  $d = 20 \text{ см}$ . При этом расстояние от нижней грани кубика до дна сосуда равно  $h = 30 \text{ см}$ . В некоторый момент открывают водопроводный кран и в сосуд начинает поступать вода. Объемный расход воды постоя-

нен и равен 1,8 л/мин. Спустя некоторое время уровень воды в цилиндре стабилизируется. Определить, чему равна при этом сила натяжения нити?

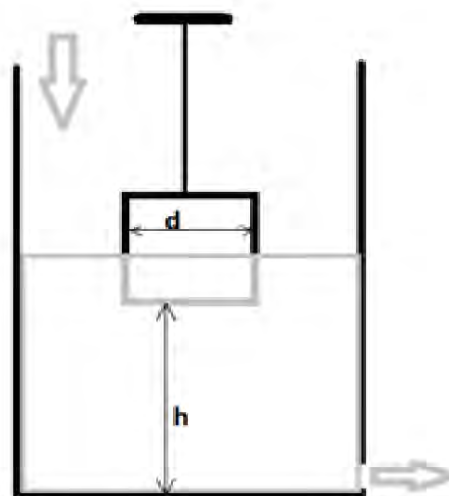
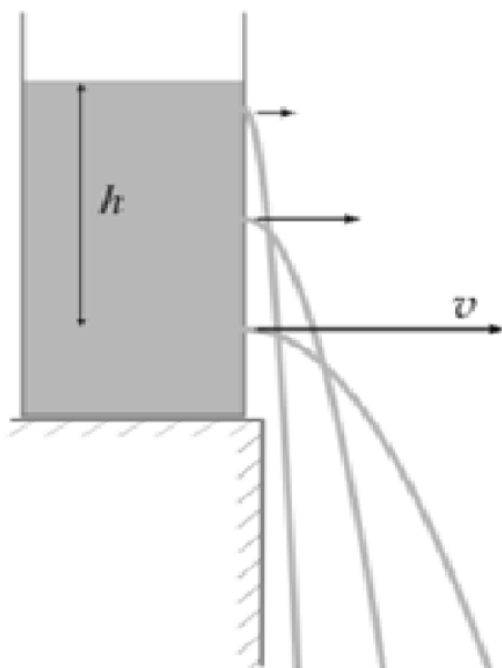


Рис. 35: к заданию 10.3.13.

Рис. 34: поясняющий формулу Торричелли

10.3.14. Имеется схема, показанная на рисунке. Клеммы подключены к источнику постоянного напряжения, в результате чего вольтметр показывает 28 В, а амперметр показывает 0,8 А. Какая суммарная мощность при этом выделяется на всех резисторах? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

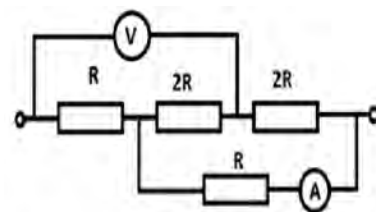


Рис. 36: к заданию 10.3.14.

10.3.15. В калориметр налито 92 г воды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . В верхней части калориметр перекрыт горизонтальным слоем льда толщиной 5 см, имеющем температуру  $0^{\circ}\text{C}$ . Лед прочно примерз к стенкам калориметра, между льдом и водой находится воздух. Считать, что стенки калориметра, воздух и лед тепла не проводят, конвекцией и излучением также можно пренебречь. На слой льда сверху ставят бронзовый кубик со стороной 2 см, имеющий температуру  $200^{\circ}\text{C}$ . Какая температура установится в калориметре? Ответ округлить до целых значений. Считать, что вся вода, получившаяся при таянии льда, стекает вниз и добавляется к воде, налитой в калориметр.



Рис. 37: к заданию 10.3.15.

10.3.16. Гладкий склон горы плавно переходит в гладкую горизонтальную плоскость, на которой имеется шероховатый участок шириной  $L = 36$  м. Со склона горы с высоты  $H = 7,2$  м без начальной скорости начинает соскальзывать тело массы  $m_1$ . На его пути на гладкой части горизонтальной плоскости первоначально покоится второе тело массы  $m_2 = 1,5$  кг. Какова должна быть минимальная масса  $m_1$ , чтобы второе тело после центрального абсолютно упругого столкновения преодолело шероховатый участок? Коэффициент трения между шероховатой поверхностью и обоими телами  $\mu = 0,05$ .

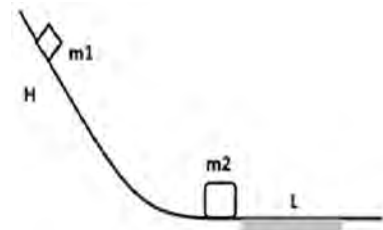


Рис. 38: к заданию 10.3.16.

10.3.17. Главная оптическая ось собирающей линзы с фокусным расстоянием 15 см совпадает с координатной осью  $OX$ . Оптический центр линзы расположен в начале координат. На линзу падает сонаправленный с осью  $OX$  пучок лучей. Плоское зеркало, перпендикулярное оптической оси смещается за 5 с из точки с  $x = 10$  см в точку с  $x = 12,5$  см. Определить координаты начального и конечного положения точки пересечения лучей и ее среднюю скорость (величину и направление) за время движения. Поясняющий рисунок обязателен. Считать, что диаметр пучка совпадает с диаметром линзы, зеркало достаточно большое, чтобы на него попали все требуемые лучи, главная ось линзы одновременно и ось симметрии всей системы.

## 4.4 Типовые задачи части С для самостоятельного решения

10.4.1. Тело массы  $m_2$  лежит на шероховатой горизонтальной поверхности. К нему прикреплена невесомая нерастяжимая нить, перекинутая через идеальный неподвижный блок. Нить выдерживает максимальное натяжение 15 Н. К другому концу нити прикрепляют тело массы  $m_1 = 2$  кг. Какова предельная масса  $m_2$ , при которой нить не порвется? Коэффициент трения между телом  $m_2$  и горизонтальной поверхностью  $\mu = 0,25$ .

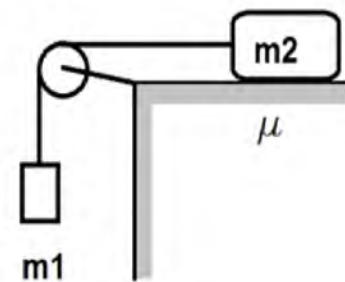


Рис. 39: к заданию 10.4.1.

10.4.2. Два сплошных однородных шара с массами  $M$  и  $8M$ , сделанных из одного и того же материала, сбрасывают с высоты настолько большой, что в течение времени малого по отношению ко времени падения из-за сопротивления воздуха их скорости становятся постоянными. При этом сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости шара и квадрату радиуса шара. Найти отношение времен падения шаров.

10.4.3. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 15 м/с. Определить высоту тела, на которой его потенциальная энергия в два раза превышает его кинетическую энергию.

10.4.4. В большую кастрюлю с 2 л воды помещен кипятильник (нагревательный элемент), рассчитанный на напряжение 220 В. Номинальная мощность кипятильника 800 Вт. Начальная температура воды  $20^\circ\text{C}$ . В воду кладут кусок льда массой 1 кг с температурой  $-10^\circ\text{C}$  и подключают кипятильник к сети с напряжением 110 В. Через какое время температура воды в кастрюле станет равна  $30^\circ\text{C}$ ? Теплоемкостью кастрюли, потерями тепла в окружающую среду и испарением воды пренебречь.

10.4.5. В калориметре находится 200 г льда при температуре  $-10^\circ\text{C}$ . Какое минимальное количество воды при температуре  $20^\circ\text{C}$  нужно налить в калориметр, чтобы весь этот лед растаял. Теплоемкостью калориметра и его теплообменом с окружающей средой пренебречь.

10.4.6. Имеется два куска проволоки одинаковой массы 10 г и одинаковой длины 10 м. Один кусок из алюминия, другой – медный. Их соединяют параллельно и подключают к источнику постоянного тока. Напряжение между точками подключения оказалось равно 10 В. Какой суммарный ток протекает по проволокам?

10.4.7. Известно, что водные растворы солей являются хорошими проводниками электрического тока. При этом, в первом приближении можно считать, что удельное сопротивление раствора какой-либо соли обратно пропорционально его концентрации, т.е. отношению массы соли к объему раствора. В прямоугольную кювету, торцевые стенки которой металлические (электроды), а остальные сделаны из изолятора, налили 1 литр дистиллированной воды и насыпали 1 г поваренной соли. После ее полного растворения к электродам подключили регулируемый источник постоянного тока с напряжением  $V = 20$  В, в результате чего через кювету стал протекать

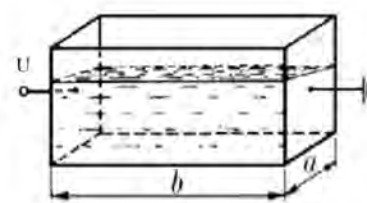


Рис. 40: к заданию 10.4.7.

ток  $I$ . Затем в кювету налили еще 2 литра воды и добавили 1 г поваренной соли. Каким должно стать напряжение источника, чтобы через кювету протекал тот же ток  $I$ ? Объем кюветы достаточно большой, чтобы вместить весь раствор, объемом соли по сравнению с объемом воды можно пренебречь.

10.4.8. Имеется схема, показанная на рисунке. Клеммы подключены к источнику постоянного напряжения, в результате чего вольтметр  $V_1$  показывает 9 В. Какое напряжение при этом показывает вольтметр  $V_2$ ? Оба вольтметра считать идеальными.

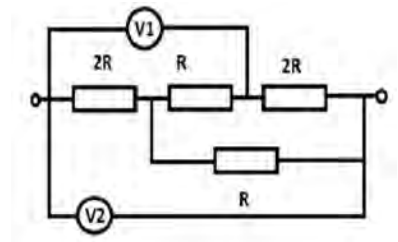


Рис. 41: к заданию 10.4.8.

## 5 Справочные данные

Ускорение свободного падения на Земле  $g = 10 \text{ м/с}^2 (= 10 \text{ Н/кг})$ .

Плотность, $\text{кг/м}^3$			
керосин	800	вода	1000
лед	900	алюминий	2700
медь	8900	древесина	500
бензин	700	бетон	2000
масло (машинное)	900	сталь/железо	7800
титан	4500	палладий	12000
золото	19300	ртуть	13600
бронза	8000	дюралюминий	2750
олово	7300	свинец	11300

Удельная теплоемкость, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$		Удельная теплота, $\text{Дж/кг}$	
вода	4200	парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$
лёд	2100	плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$
бронза	500	сгорания бензина	$4,6 \cdot 10^7$
Удельное электрическое сопротивление, $10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (при $20^\circ\text{C}$ )			
никелин	0,4	нихром	1,1
медь	0,017	алюминий	0,028

Длина окружности радиуса  $R$ :  $l = 2\pi R$ .

Площадь круга радиуса  $R$ :  $S = \pi R^2$ .

Объем шара радиуса  $R$ :  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .



## 6 Ответы к заданиям для самостоятельного решения

8.3.1. 4

8.3.2. 2

8.3.3. 2

8.3.4. 3

8.3.5. 4

8.3.6. 4

8.3.7. 3

8.3.8. 3

8.3.9. 4

8.3.10. 4

8.3.11. 48 мин

8.3.12. 10 см

8.3.13. 5 см

8.3.14. сталь(железо)

8.3.15. 120 с

8.4.1. 50 м

8.4.2. извлечь 9 кг

8.4.3. 75 г

8.4.4. 54 см

8.4.5. 0,32 см/с

8.4.6. 6 с

8.4.7. Алюминиевая - 6,75 г; железная - 19,75 г

8.4.8. 800 кг/м<sup>3</sup>

8.4.9. 90

10.3.1 2

10.3.2 2

10.3.3 4

10.3.4 4

10.3.5 2

10.3.6 3

10.3.7 3

10.3.8 3

10.3.9 122

10.3.10 14

10.3.11 233 км

10.3.12 200 г

10.3.13 160 Н

10.3.14 36 Вт

10.3.15 16,6 °C

10.3.16 0,5 кг

10.3.17 5 см, 10 см, 1 см/с

10.4.1 3 кг

10.4.2 2  
10.4.3 7.5 M  
10.4.4 2805 c  
10.4.5  $\approx 840$  r  
10.4.6 20 A  
10.4.7 10 B  
10.4.8 11 B

## 7 Список рекомендованной литературы

Основная литература для поступающих в 8 класс:

1. Учебник Физика 7 класс Перышкин, Издательство: М.: Дрофа, 2013.
2. Учебник Физика 7 класс Кабардин, Издательство: М.: Просвещение, 2014.
3. Сборник задач по физике 7-9 классы Лукашик, Издательство: М.: Просвещение, 2016.

Основная литература для поступающих в 10 класс:

1. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике. М.: Просвещение, 1981.
2. Кондратьев А.С. Физика (в 2-х томах, 3-х частях). СПб.: «Специальная литература», 1999.
3. ГИА 2013. Физика. Типовые тестовые задания. 9 класс. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И.
4. ОГЭ 2016 по физике, ГИА 9 класс. Варианты тестовых заданий / Е.Е. Камзеева
5. Физика-9 (под ред. А.А. Пинского). М.: Просвещение, 2002.

Дополнительная литература для поступающих в 10 класс:

1. Кондратьев А.С., Уздин В.М. Физика. Сборник задач (для углубленного изучения). М.: Физматлит, 2005.
2. Слободецкий И.Ш., Асламазов Л.Г. Задачи по физике. Библиотечка «Квант», выпуск 5. М.: Наука, 1980.
3. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. В 3-х т.
4. С.Н. Манида Студентам, учителям, школьникам. Физика. Решение задач повышенной сложности. По материалам городских олимпиад школьников. СПбГУ, 2004, 440 с.