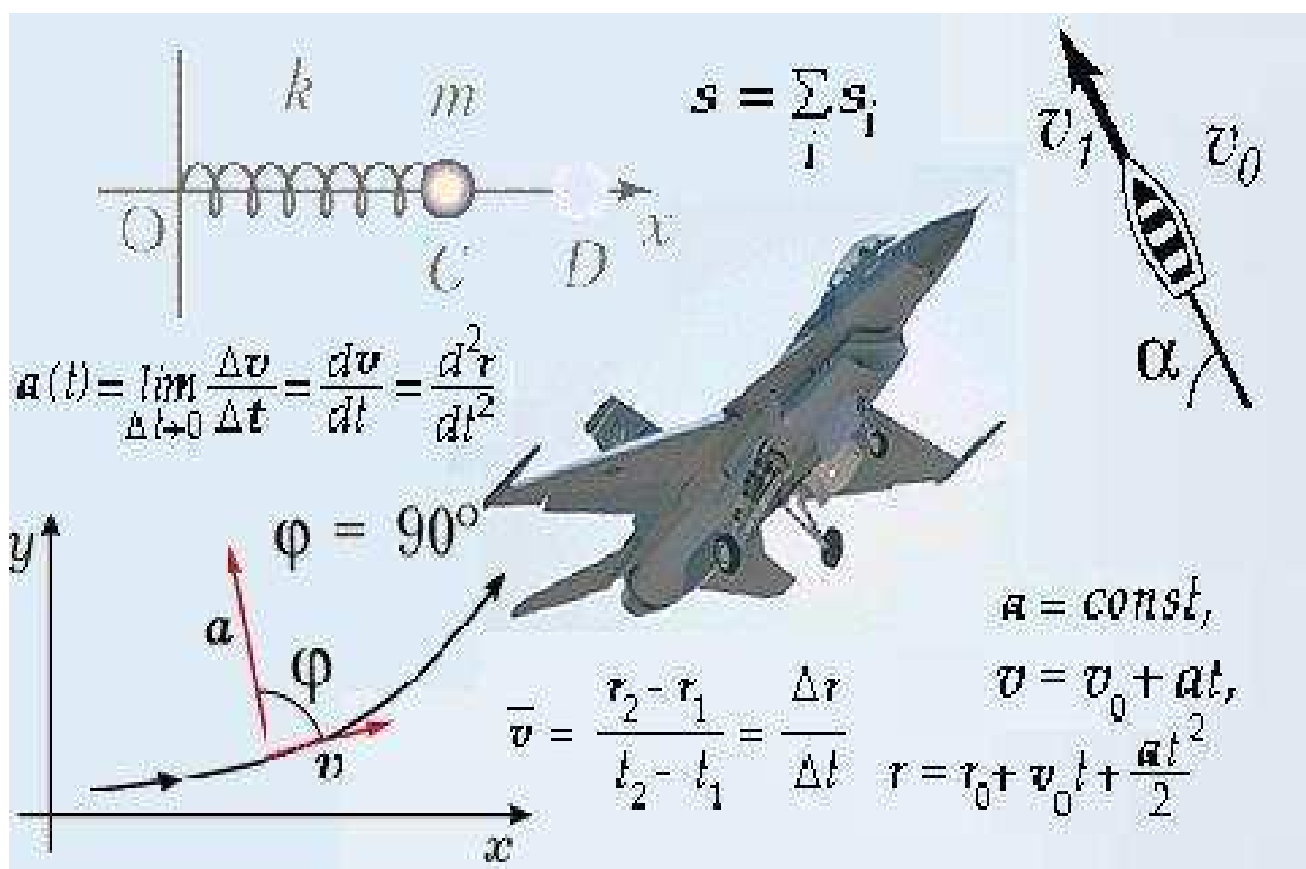


Е.В. Полицинский, Е.П. Теслева, Е.А. Румбешта

ЗАДАЧИ И ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИКЕ

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
И ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ИХ РЕШЕНИЮ
учебно-методическое пособие



УДК 53 (075)
ББК 22.3:74.202 я73
П 50

Полицинский Е.В.

П 50

Задачи и задания по физике. Методы решения задач и организация деятельности по их решению: учебно-методическое пособие / Е.В. Полицинский, Е.П. Теслева, Е.А. Румбешта. – Томск: Изд-во Томского педагогического университета, 2009 – 2010. – 483 с.

Данное пособие содержит разноуровневые и разнотипные задания и задачи по всем основным разделам курса физики, может быть полезно учителям школ и ученикам старших классов, абитуриентам, самостоятельно готовящимся к поступлению в вуз, студентам младших курсов технических и естественнонаучных факультетов, а также преподавателям вузов. В методической главе систематизированы методы и приёмы решения задач, что позволяет преподавателю, учителю делать процесс решения задач более управляемым и осознанным обучающимся, даны рекомендации по организации деятельности обучающихся решению физических задач. Пособие содержит справочные материалы по физике, дополнительные сведения по математике, сведения по обработке и представлению результатов измерений, что позволяет использовать его не только на практических, но и лабораторных занятиях, может успешно использоваться для диагностики и формирования экспериментальных, информационных и логических умений.

УДК 53 (075)
ББК 22.3:74.202 я73

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Физические задачи и методика их решения	7
1.1. Решение задач как основная составляющая процесса обучения физике. Функции задач в процессе обучения	7
1.2. Классификация задач по физике	11
1.3. Этапы решения физических задач. Алгоритмические предписания к решению задач по физике и обобщенный, детализированный план решения	22
1.4. Методы и приемы решения физических задач	31
1.5. Тестовые задания. Особенности выполнения тестовых заданий по физике	47
1.6. Методические рекомендации по организации деятельности по решению физических задач	53
Глава 2. Актуализация знаний по элементарной математике и физике для решения задач	63
2.1. Математические основы элементарной физики. Физические величины, способы измерения физических величин	63
2.2. Задания на актуализацию умений проводить анализ физической ситуации	77
Глава 3. Задачи и задания по физике	82
3.1. Экспериментальные задачи	82
3.1.1. Экспериментальные задачи по механике, молекулярной физике и термодинамике	82
3.1.2. Экспериментальные задачи по разделу электричество и магнетизм	90
3.1.3. Экспериментальные задачи по оптике, элементам квантовой, атомной и ядерной физике	98
3.2. Механика	102
3.2.1. Кинематика	102
3.2.2. Динамика	121
3.2.3. Работа и мощность. Законы сохранения в механике	141
3.2.4. Статика	153
3.2.5. Гидро- и аэростатика. Сила Архимеда	159
3.2.6. Механические колебания и волны	168
3.2.7. Элементы релятивистской механики	176
3.3. Молекулярная физика и термодинамика	180
3.3.1. Основы молекулярной физики	180
3.3.2. Основы термодинамики	196
3.4. Электричество и магнетизм	208

3.4.1. Основы электростатики	208
3.4.2. Емкость. Конденсаторы	232
3.4.3. Законы постоянного тока	240
3.4.4. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца	254
3.4.5. Электрический ток в различных средах	258
3.4.6. Магнитное поле. Движение заряженных частиц в магнитном поле	262
3.4.7. Электромагнитная индукция	271
3.4.8. Электромагнитные колебания и волны. Переменный ток	280
3.5. Оптика	287
3.5.1. Законы геометрической оптики	287
3.5.2. Линзы. Фотометрия	297
3.5.3. Волновые свойства света	306
3.6. Элементы квантовой, атомной и ядерной физики	320
3.6.1. Тепловое излучение. Фотоэффект. Квантовые свойства света	320
3.6.2. Элементы атомной физики	333
3.6.3. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц	340
Приложение 1. Элементы теории погрешностей. Представление конечного результата	355
Приложение 2. Экспериментальное оборудование и приборы	384
Приложение 3. Справочные материалы	409
Список литературы	430
Ответы и краткие решения	436

Введение

Процесс изучения физики в средней и высшей школе нельзя представить без решения задач.

Решение задач всегда способствовало применению физических знаний на практике, давало возможность самостоятельно открыть новый способ действия, развивало логическое мышление, умения применять математические закономерности и методы познания в модельных ситуациях задач, описывающих реальные явления.

В настоящее время, в связи с введением новых показателей достижения целей образования, решение задач способствует развитию информационных, экспериментальных и ряда других умений, например, умений выстраивать логически стройную систему рассуждений. При достаточно частом использовании этих умений в нестандартной ситуации, данные умения становятся составляющими компетенций.

Большинство предлагаемых к практическому использованию пособий содержат задачи, решение которых способствует применению знаний в знакомой или измененной ситуации. В этом случае развитие логики, интеллекта происходит спонтанно. Обучающий не может организовать этот процесс направленно и отследить его результаты. Для достижения высокого уровня развития названных показателей среднему обучающемуся требуется значительное время, однако, время на изучение физики в современных программах ограничено.

В данном пособии задачи подобраны таким образом, чтобы обеспечить формирование названных компетенций направленно. Этому способствует содержание заданий, их разноуровневость, а также разноплановость. Учитель и ученик могут выбрать задания одного уровня сложности или разного, формирующие информационные и (или) экспериментальные умения. Таким образом, преподаватель вуза, учитель могут варьировать задания на основе дифференциации учащихся, а также с учетом поставленных в процессе обучения физике на данном этапе целей.

Пособие, состоит из двух частей. Первая часть содержит описание роли, функций задач в обучении физике, а также методические рекомендации общего плана по решению задач и частного плана по решению некоторых типов задач. Введение методической части в пособие позволяет молодым преподавателям познакомиться с методикой решения физических задач непосредственно в практической деятельности по их решению совместно с обучаемыми. Методическая часть пособия также дает возможность выстроить процесс решения задач таким обра-

зом, чтобы направить его на решение актуальных задач современного физического образования.

Для активизации процесса решения задач в пособии имеются пропедевтические задания, направленные на актуализацию знаний по элементарной математике, а также задания на отработку умений анализировать ситуацию задачи. Предварительное выполнение такого рода заданий способствует более плодотворному дальнейшему решению задач по тематике курса физики.

В пособии имеются приложения со справочными данными, необходимыми для решения задач.

Предлагаемое пособие может быть полезным не только учителям физики, преподавателям курсов по подготовке к обучению в вузе, но и преподавателям, обучающим студентов младших курсов технических вузов и факультетов естественнонаучной направленности.

Примечание

1) Пособие содержит большое количество авторских заданий и задач. В подобранных из различных источников задачах условия изменены и преобразованы. Исключены лишние записи, например, такие как *радиус колеса $R =$* , *скорость второго тела $v_2 =$* , содержащиеся в готовом виде справочные данные. Поскольку это способствует формированию информационных умений.

2) В тестовых заданиях необходимо брать $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Глава 1. Физические задачи и методика их решения

1.1. Решение задач как основная составляющая процесса обучения физике. Функции задач в процессе обучения

Решение задач – важнейший вид учебной деятельности школьника, студента в процессе обучения точным наукам. «В процессе решения задач знания учащихся конкретизируются, создается понимание сущности явлений, физические понятия и величины приобретают реальный смысл, у ученика появляется способность рассуждать, устанавливать причинно-следственные связи, выделять главное и отбрасывать несущественное. Решение задач позволяет сделать знания осознанными, избавиться от формализма». [67, С. 319.] В ходе решения задачи школьник, студент совершает мыслительные действия, позволяющие перейти от формального знания законов, процессов к их пониманию, установлению сущности. Поэтому, нередко, по способности решать физические задачи судят о понимании учащимися материала.

Значимость задач в обучении требует от учителя, преподавателя вуза четкого понимания, что такое задача, каковы роль и значение задач в процессе формирования новых знаний, умений, компетенций. Для учителя физики актуальным является решение вопросов – как использовать задачи для закрепления и коррекции новых знаний, умений, при проверке степени усвоения материала в каждой конкретной ситуации, как с помощью задач показать применение знаний на практике. Рассмотрение этих вопросов необходимо начать с уяснения сущности понятия задача.

Что такое задача Дж. Пойа поясняет, как это присуще западным исследователям, на языке, понятном каждому читателю. Приведем цитаты из его книги «Математическое открытие». «Слово «задача» употребляется в весьма широком смысле, поэтому необходимо уточнить, что подразумевается под этим словом». «При современном укладе жизни добытие пищи не представляет собой задачи. Если я проголодаюсь дома, то тащу что-нибудь из холодильника, в городе же – иду в какое-нибудь кафе или закусочную. Однако, совсем другое дело, когда холодильник пуст или когда я оказываюсь в городе без денег; в таких случаях желание поесть приводит к задаче, иногда достаточно трудной. Таким образом, задача предполагает необходимость сознательного поиска соответствующего средства для достижения ясно видимой, но непосредственно недостижимой цели. Решение задачи означает нахождение этого средства». [48, С. 142] Пойа отмечает, что задачи могут быть простыми и трудными, выделяя значимость для ученика трудных задач, так как, по

его мнению, трудность решения в какой-то мере входит в само понятие задачи: там, где нет трудности, нет и задачи.

В исследованиях российских авторов понятие задача рассматривается с разных точек зрения.

А.Ф. Эсаулов определяет задачу следующим образом. «Задачи – это более или менее определенные системы информационных процессов, несогласованное или даже противоречивое соотношение между которыми, вызывает потребность в их преобразовании». [83, С. 12]. Тем самым автор подчеркивает, что в процессе решения задач субъект находит информацию, преобразовывает ее, продуцирует новую информацию. Из этого следует, что решение задач способствует формированию информационных умений. Накопленный опыт в решении задач положительным образом сказывается на формировании информационных компетенций обучающихся.

С точки зрения психолога (Л.Л. Гуровой) задача – объект мыслительной деятельности, содержащей требование некоторого практического преобразования или ответа на теоретический вопрос посредством поиска условий, позволяющих раскрыть связи (отношения) между известными и неизвестными элементами [22]. В этом определении подчеркивается возможность практического применения знаний учащихся при решении задач, отмечается роль задач в развитии логического мышления.

Если при изучении многих предметов, отсутствует необходимость в решении задач, то в процессе обучения физике, решение задач – неотъемлемая часть процесса. Поэтому важно понимание сущности понятия именно физическая задача. Рассмотрим несколько определений понятия, его пояснения, данные разными авторами.

Физической задачей в учебной практике обычно называют учебную проблему, которая решается с помощью логических умозаключений, математических действий и эксперимента на основе законов и методов физики (С.Е. Каменецкий, В.П. Орехов) [28].

Физическая задача – это физическое явление (совокупность явлений), точнее – его словесная модель с некоторыми известными и неизвестными физическими величинами, характеризующими это явление. Решить физическую задачу – это значит найти (восстановить) неизвестные связи, физические величины и т.д. (Б.С. Беликов) [3].

Физическая задача – это ситуация, требующая от учащихся мыслительных и практических действий на основе законов и методов физики, направленных на овладение знаниями по физике и на развитие мышления. (А.В. Усова и А.А. Бобров) [73, С. 79].

Считаем необходимым расширить данное определение.

Физическая задача – это выраженная с помощью информационного кода (текстового, графического, образного и их комбинаций) проблемная ситуация, которая требует от обучающегося для ее решения, мыслительных и практических действий на основе законов и методов физики, направленных на овладение знаниями и умениями, на развитие мышления и на понимание физических закономерностей. [50, 51]

Из приведенных определений видно, что решение физических задач позволяет обучать учащихся решению проблем, формировать экспериментальные, информационные умения, развивает логическое мышление, способствует применению физических знаний на практике.

Суждения экспертов по сути физических задач, а также авторское обобщение опыта использования задач в практике обучения позволяют выявить и определить основные функции задач в обучении физике.

Познавательная функция. Заключается в том, что, осуществив соответствующий подбор физических задач, можно знакомить учеников с новыми фактами, расширяя область их знания, заложить базу для усвоения последующих знаний по курсу физики.

Развивающая функция. Состоит в том, что у учащихся формируются умения работать с разными видами представления информации – таблицами, графиками, текстом. У учеников развивается логическое мышление, в частности такие его операции, как анализ, синтез, индукция, дедукция, мысленный эксперимент, моделирование. Развиваются способности решения проблем, формируются навыки самообразования.

Функция реализации единства теории и практики. При решении физических задач проявляется в умениях применять физические законы к объяснению и моделированию явлений природы, производственных процессов, к решению вопросов социальной практики. При этом физические формулы как бы «оживают», наполняются конкретным содержанием.

Функция закрепления знаний, совершенствования практических умений и навыков. Данная функция проявляется при использовании знаний разной тематики в процессе решения задач. Специально подобранные задачи позволяют осуществить повторение пройденного материала по разным разделам курса физики, применить знания и умения при решении экспериментальных, практических задач.

Функция установления межпредметных связей. Позволяет установить связи, в первую очередь – с математикой, – с техникой, астрономией, химией, географией. Эта функция позволяет проявить для обучающихся единство окружающего мира и многообразие подходов к его изучению.

Функция контроля знаний, умений и навыков. Именно через решение задач можно определить уровень усвоения учащимися (студентами, школьниками) того или иного материала, проверить качество его усвоения. Используя систему специально разработанных заданий (простых задач, требующих выполнения отдельных действий) можно выяснить, какими конкретными действиями овладел учащийся, определить возможные причины затруднений, осуществить коррекцию усвоения теоретических знаний, формирования практических умений.

Рассмотренные выше функции задач показывают, насколько важна роль задач в процессе обучения физике. Однако, проявление этой роли возможно только при правильной организации процесса решения задач. Грамотно выстроенная методика решения задач разной тематики, разного типа позволяет наиболее полно реализовать основные задачи обучения физике, как на школьном уровне, так и на уровне высшего профессионального образования. Об этом же, в присущей ему манере беседы с читателем, пишет Дж. Пойа. [48, С. 13]

«Процесс решения задачи представляет собой поиск выхода из затруднения или пути обхода препятствия, – это процесс достижения цели, которая первоначально не кажется сразу достижимой. Решение задач является специфической особенностью интеллекта, а интеллект – это особый дар человека; поэтому решение задач может рассматриваться как одно из самых характерных проявлений человеческой деятельности.

Решение, найденное в результате собственных усилий, или то, с которым вы познакомились по книге, которое вы выслушали (но обязательно с живым интересом и стремлением проникнуть в суть дела), может превратиться в метод, в образец, которому с успехом можно следовать при решении других задач».

Данное высказывание подчеркивает значение знания или поиска методики решения задач для их эффективного решения. Самостоятельное решение задач, возможное при грамотном использовании методики их решения, положительным образом сказывается на развитии интеллекта, повышении самооценки обучающихся, развитии и закреплении познавательного интереса при изучении физики.

1.2. Классификация задач по физике

В методической литературе встречаются различные точки зрения по вопросу классификации физических задач. Задачи можно классифицировать по различным признакам: 1) по содержанию (абстрактные и конкретные, с производственным и историческим содержанием, занимательные); 2) по дидактической цели (тренировочные, контрольные, творческие); 3) по способу задания условия (текстовые, графические, задачи-опыты, задачи-рисунки); 4) по трудности и сложности; 5) по характеру и методу исследования (количественные, качественные, экспериментальные). Так, например Б.Ф. Абросимов [1, С. 9], опираясь на логику науки, предлагает следующую классификацию задач:

- 1) задачи на основные понятия и положения физики;
- 2) задачи на стандартные ситуации раздела;
- 3) задачи на сложные объекты и явления раздела;
- 4) задачи на стандартные ситуации различных разделов физики.

Физические задачи классифицируют также по их принадлежности к тому или иному разделу физики, отдельной теме (задачи на: относительность движения, кинематику, динамику равномерного движения по окружности, законы сохранения в механике, движение заряженных частиц в магнитном поле и пр.).

Поскольку в физике различают два способа познания – экспериментальный и теоретический, задачи разделяют на экспериментальные и теоретические. Экспериментальной называют задачу, если для ее решения необходимо провести эксперимент, выполнить измерения. В теоретической задаче приведены известные физические величины характеризующие описываемое явление. При ее решении не нужно производить измерений.

Часто обсуждая ту или иную задачу, указывают на ее сложность и трудность, причем используя эти понятия как синонимы. Поэтому считаем необходимым, разграничить понятие «сложность» и «трудность» задачи.

Сложность задачи связывают со структурой поиска решения (М.Е. Бершадский, В. В. Гузеев, В.А. Кокин и др.) отмечая критерии сложности задач: количество подзадач, длина логических цепочек, вероятность обнаружения связей. Так А.М. Матюшкин [38] характеризует сложность задачи следующими факторами: числом конкретных данных; числом существенных взаимосвязей между данными, данными и искомым; числом опосредований, необходимых для достижения искомого; числом преобразований приводящих к искомому. В то же время, определяя понятие трудность, он пишет: «Трудность про-

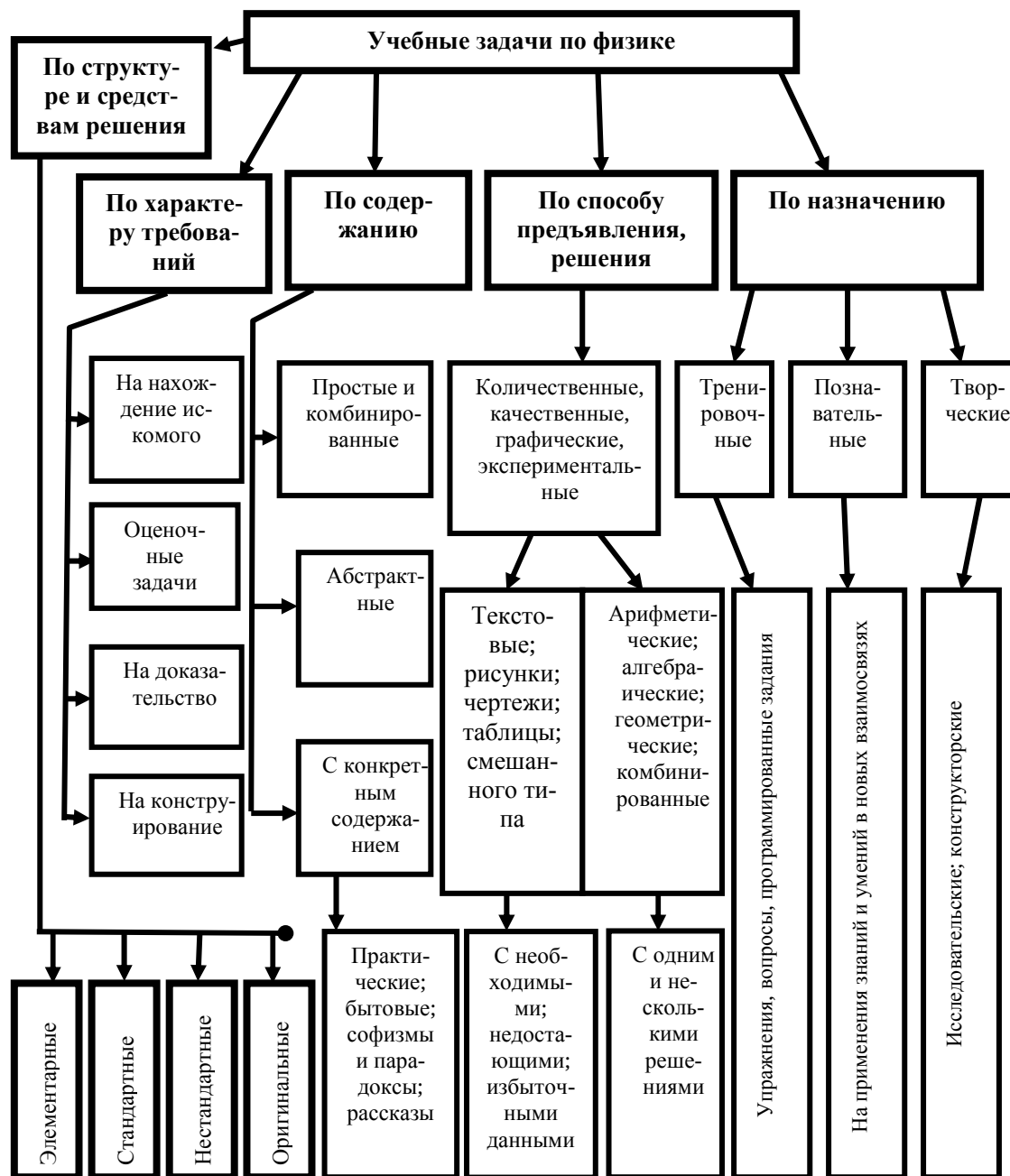
блемной ситуации характеризуется соотношением двух главных показателей: степенью новизны и обобщенности усваиваемого неизвестного и интеллектуальными возможностями учащегося» [38, С. 196]. Как отмечает А.М. Сохор, задача может оказаться трудной, потому что учащийся не имеет знаний (или эти знания не актуализируются), позволяющих перевести жизненную ситуацию задачи на язык соотношений величин (например, решая задачу на движение, ученик не знает соотношений между основными параметрами движения – скоростью, путем, временем). Задача может оказаться трудной потому, что учащийся не знает, например, операций, приводящих к решению уже составленного уравнения. Трудности такого рода сравнительно легко устраняются посредством соответствующего обучения. Сложнее обстоит дело в тех случаях, когда решающий задачу, не умеет проникнуть в структуру задачи, связать между собой указанные в задаче величины. Последняя трудность означает неумение догадаться, в какой связи находятся величины, упомянутые в условии задачи, т. е. учащиеся, испытывают определенную недостаточность аналитико-синтетической деятельности [66, С. 131–132]. Таким образом, сложность задачи необходимо рассматривать как объективное свойство, которое зависит только от структуры самой задачи, а не от субъекта, который ее решает, а трудность задачи как субъективное свойство, связанное с уровнем знаний и навыков решающего, с развитием его мыслительных операций.

Исходя из структуры и средств, необходимых для решения поставленной задачи, их можно разделить на: элементарные, стандартные, нестандартные и оригинальные. **Элементарная задача** – это задача, для решения которой, необходимо и достаточно верно использовать один соответствующий физический закон. **Стандартная задача** – это задача, для решения которой необходимо и достаточно привлечь систему «обычных» знаний и «стандартных» методов и приемов. **Нестандартная задача** – задача, в процессе решения которой применение «обычных» законов и методов недостаточно: система уравнений получается незамкнутой. **Оригинальной** (олимпиадной) называют нестандартную задачу, при решении которой догадка является определяющей по сравнению с обычными знаниями и методами [3]. Однако деление по данным признакам на наш взгляд весьма условно, поскольку непосредственно связано с предыдущим опытом учеников по решению физических задач. Для двух разных учеников одна и та же задача может оказаться, например, стандартной и нестандартной.

В.И. Богдан, В.А. Бондарь, Д.И. Кульбицкий, В.А. Яковенко отмечают [5], что достаточно удобной для учебных целей является классификация по следующим четырем признакам: 1) по характеру требова-

ний; 2) по содержанию; 3) по способу предъявления и решения; 4) по целевому назначению. Однако, на наш взгляд, практика решения задач требует детализации этих четырех групп. Подробное авторское описание системы задач приведено на схеме 1.

Схема 1. Классификация физических задач



Положив в основу классификации способ решения, можно выделить следующие виды задач: количественные, качественные или задачи-вопросы, экспериментальные и графические.

В практике обучения физике на разных уровнях (школа, вуз) наиболее часто встречаются задачи, представленные в схеме в разделах «По

содержанию» и «По способу предъявления решения». Поэтому ниже приводится подробное описание этих типов задач.

Качественные задачи

Задачи-вопросы – задачи, при решении которых требуется объяснить то или иное физическое явление или предсказать, как оно будет протекать при данных условиях; в содержании этих задач отсутствуют числовые данные. Термин «**качественные**» не точен, поскольку некоторые качественные характеристики явления находят свое объяснение в соответствующих количественных соотношениях. Но этот термин подчеркивает главную особенность задач такого типа – внимание обучающихся в них акцентируется на качественной стороне рассматриваемого явления.

Следует отличать качественную задачу от вопроса по проверке формальных знаний (например, *что называется частотой колебаний, как формулируется закон Ома для участка цепи*). Цель последних – закрепить формальные знания; ответы на эти вопросы в готовом виде имеются в учебнике, и ученик должен лишь вспомнить их. В качественной задаче ставится такой вопрос, ответ на который в готовом виде в учебнике не содержится.

Пример 1. *Какие изменения произойдут в системе математический маятник при уменьшении его длины в 4 раза?*

Пример 2. *Что изменилось на участке цепи, если включенный последовательно с нагрузкой амперметр показывает увеличение силы тока?*

Решая такую задачу необходимо составить ответ, синтезируя данные условия задачи и свои знания по физике.

Качественные задачи решаются путем логических умозаключений, на основе законов физики, как правило, без математических вычислений. Такие задачи учат анализировать явления, развивают логическое мышление, смекалку, творческую фантазию, умение применять теоретические знания для объяснения явлений природы, бытовых ситуаций, технических применений физических знаний, расширяют кругозор.

Можно условно разделить качественные задачи на две основные группы: простые качественные задачи или задачи-вопросы и сложные качественные задачи, представляющие собой как бы совокупность или комбинацию нескольких простых задач [28, С. 17].

Классическая схема решения качественных задач включает следующие этапы.

1) Изучение условия задачи, выяснения смысла и значения всех терминов в условии задачи;

- 2) анализ условия задачи, выяснение физических явлений, построение (в случае необходимости) схемы или чертежа;
- 3) построение аналитической и синтетической цепей рассуждений;
- 4) анализ полученного ответа с точки зрения его физического смысла, соответствие условию и реальности.

Рассмотрим пример.

Пример 3. *Почему спирали электронагревательных приборов делают из материала с большим удельным сопротивлением.*

Изучив условие задачи, выделим главное – речь идет о спирали электронагревательного прибора. Назначение прибора – выделять теплоту, а принцип работы основан на тепловом действии тока. Очевидно, необходимо связать количество теплоты с удельным сопротивлением проводника. Известно, что количество теплоты, выделяемое проводником с током можно найти из закона Джоуля-Ленца: $Q = I^2 R t$ (1). Электрическое сопротивление: $R = \rho \frac{l}{S}$ (2); (2) $\rightarrow$ (1): $Q = \frac{I^2 \rho l t}{S}$ (3). Из (3) следует, что чем больше удельное сопротивление проводника, тем большее количество теплоты выделяется.

Нередко возникает ситуация, когда школьник или студент хорошо справляется с расчетными задачами, но оказывается беспомощным при решении качественных и графических задач. Это свидетельствует о поверхностном усвоении физического материала, неумении понимать графическую интерпретацию и применять ее на практике. Поэтому решению графических задач необходимо уделять особое внимание.

Графические задачи

Графические задачи – задачи, в процессе решения которых используют графики. По роли графиков в решении задач их можно подразделить на два вида: 1) задачи, ответ на вопрос которых может быть найден в результате построения графика; 2) задачи, ответ на вопрос которых может быть найден с помощью анализа графика. В таблице 1 приведена классификация графических задач по данным основаниям.

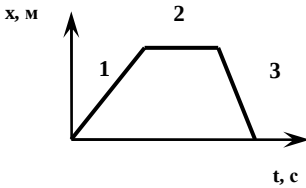
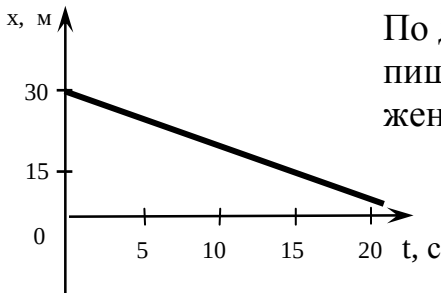
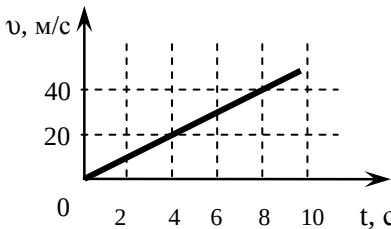
Конечно, многообразие графических задач не исчерпывается приведенными в таблице видами. Можно привести и другие виды задач:

- 1) исследование углов наклона графиков. Например, $\operatorname{tg} \alpha$ в вольт-амперной характеристике численно равен проводимости, $\operatorname{ctg} \alpha$ – электрическому сопротивлению;
- 2) определение значения физической величины по площади ограниченной графиками. Например, площадь, ограниченная графиком $I(t)$ численно равна заряду, прошедшему по цепи;
- 3) вычисление по графику или семейству графиков третьей величины. Например, для семейства графиков зависимости кинети-

ческой энергии фотоэлектронов от частоты падающего излучения определить максимальную скорость фотоэлектронов для разных металлов.

Таблица 1

Классификация графических задач

Основа составления условия задачи	Пример условий и требований задачи					
Табличные данные	По данным таблицы построить график зависимости скорости автомобиля от силы тяги					
	v , м/с	1,6	2,2	3,7	4,4	5,3
	F , кН	47,0	32,5	21	13,7	12,5
Функциональная зависимость	По уравнению движения $x = 5 + t - t^2$ построить график $v_x(t)$, принять $x_0=0$.					
Измерения и наблюдения	Построить график зависимости квадрата периода колебаний от длины математического маятника изменяя его длину.					
Словесное описание явления, процесса, график которого предлагается			На рисунке представлен график зависимости $x(t)$ движущегося тела. Что характеризует первая, вторая и третья части графика?			
Аналитическое выражение функциональной зависимости, представленной графиком			По данному графику запишите уравнение движения тела.			
Определение по графику неизвестных величин			По графику скорости движения тела найти ускорение, с которым оно движется.			

Графические задачи позволяют наиболее наглядно и доходчиво выражать функциональные зависимости между величинами, характеризующими процессы, протекающие в природе и технике. Иногда только с помощью графиков могут быть представлены процессы, которые лишь на более поздних стадиях обучения физике можно выразить аналитически (например, работа переменной силы). Графический метод используется в обучении физике не только для решения задач, но и для формирования и анализа изучаемых физических понятий (путем раскрытия их связи с другими понятиями), обобщения, систематизации знаний и т. д. При этом у обучающихся развиваются важные операции мышления (анализ, синтез, обобщение и т.д.), и качества (сообразительность, внимание и т. д.), что, безусловно, способствует пониманию изучаемого материала и является его неотъемлемой составляющей.

Экспериментальные задачи

Одной из остро стоящих в настоящее время проблем в практике обучения физике является развитие экспериментальных умений и навыков. Помимо лабораторных работ экспериментальные умения и навыки формируются в процессе решения экспериментальных задач.

Экспериментальные задачи – это задачи, при решении которых с той или иной целью используется эксперимент. Методика решения экспериментальных задач зависит от роли эксперимента в их решении.

Таблица 2

Основные группы экспериментальных задач

Основа составления условия задачи	Пример
Извлечение данных из эксперимента	Использовать мензурку с водой для получения недостающих данных при определении веса деревянного бруска.
Экспериментальная проверка теоретических расчетов	Произвести теоретический расчет и с помощью баллистического пистолета с координатной сеткой провести расчет дальности и высоты полета тела, брошенного под углами 30° , 45° , 60° к горизонту.

Если в задаче содержатся все данные, необходимые для ее решения, и надо только проверить ответ с помощью опыта, то ее решение и оформление производится так же, как решение и оформление текстовой задачи. Решение экспериментальных задач, в которых данные получа-

ются в результате опыта, состоит из следующих элементов: постановки задачи, анализа условия, измерений, расчета результата, опытной проверки результата. Подготовка эксперимента и проведение измерений в этом случае приобретают принципиальное значение, так как на их основе определяются все величины, необходимые для решения задачи. Можно выделить две наиболее распространенные группы учебных экспериментальных задач (табл. 2).

При решении этих задач проявляется особая активность и самостоятельность. Преимущество экспериментальных задач перед текстовыми заключается еще и в том, что первые не могут быть решены формально, без достаточного осмысления физического процесса.

Следует обратить внимание на тип задач обладающих высоким развивающим эффектом – **задач с недостающими и избыточными данными** в условии. В качестве примера приведем следующую задачу.

Пример 4. *Определите мощность, развиваемую трактором Т-150, при его равномерном движении со скоростью 16 км/ч, если сопротивление движению 40 кН. Технические данные трактора: масса не заправленной машины 6,8 т; вместимость топливного бака 315 л; длина 4,75 м; ширина гусеницы 420 мм; давление, оказываемое на грунт 46 кПа.*

При решении этой задачи ученики самостоятельно определяют необходимые данные для решения, исключая избыточные. Задачи такого типа помогают воспитывать осознанный, критический подход к решению, привлекают внимание учеников, вызывая у них интенсивную мыслительную деятельность. Такие задачи «принуждают» ученика детально анализировать условие и привыкать делать это всегда, поскольку такие задачи нельзя решать простой подстановкой данных в формулы.

Большой интерес у обучающихся вызывают **оценочные задачи**, задачи – парадоксы, задачи, содержащие в условии интересную, познавательную информацию (технического, астрономического, биологического содержания).

Приведем примеры оценочных задач.

Пример 5. *Какую долю земного радиуса составляет высота самой высокой горы на Земле – Эвереста. Высота Эвереста около 8800 м.*

Пример 6. *В США, как сообщалось в 1958 г., при использовании динамических методов с ударными скоростями порядка 29 тыс. км/ч было получено мгновенное давление 75 млн. атм. Оцените во сколько раз необходимо было бы увеличить массу вашего тела, чтобы оно в вертикальном положении (с опорой на обе стопы) производило бы на грунт такое же давление.*

Взяв за основу способ предъявления решения нельзя не отметить, роль **количественных (расчетных) задач** – задач, при решении которых устанавливаются количественные зависимости между физическими величинами. Решение количественных задач способствует глубокому усвоению физических теорий, понятий и законов; активному развитию умений совершать все виды мыслительных операций (сравнение, анализ, синтез и т.д.). Их решение способствует формированию умений выполнять действия с единицами измерения, развитию вычислительных навыков и умений, умений по перекодированию условия задачи (текст – краткая запись в виде знаковых обозначений – выполнение рисунка, схемы и т. д.). Исходя из числа зависимостей, включенных в задачу, количественные задачи по физике делят на простые (требуют несложного анализа и небольших вычислений) и комбинированные.

Комбинированные задачи – это задачи, которые требуют для решения применения многих закономерностей, устанавливаемых в разных темах и разделах физики. Они могут использоваться для углубления знаний учащихся (студентов), расширения их представлений о взаимосвязях физических явлений, для тематической проверки знаний и умений, понимания изученного материала.

Пример 7. Электрон влетает в плоский воздушный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью $5,9 \cdot 10^7$ м/с. Расстояние между пластинами 10 мм, разность потенциалов 600 В. Найти отклонение электрона, вызванное полем конденсатора, если длина его пластины 50 мм.

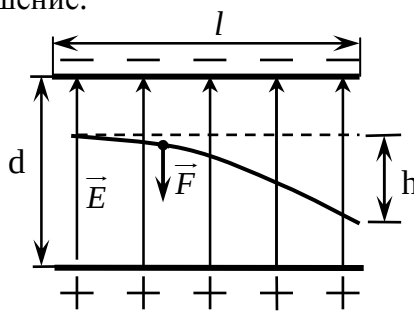
Дано: $v = 5,9 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $d = 10 \text{ мм}$ $U = 600 \text{ В}$ $l = 50 \text{ мм}$ $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $h = ?$	СИ 10^{-2} м $5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	Решение: 
---	--	--

Рис. 1. К примеру 7

Поскольку вертикальная составляющая скорости в момент влета электрона в конденсатор равна нулю, $h = at^2 / 2$ (1), движение вдоль горизонтали можно описать, используя закон равномерного движения: $l = vt$ (2). Выразив из (2) время и подставив в (1) решаем первую условно выделяемую в решении задачу, выразив отклонение электрона: $h = al^2 / 2v^2$ (3). Сопоставление известных и неизвестных величин в полу-

ченном выражении ставит следующую задачу выражение через известные величины ускорения. $a = F / m$ (4). Поскольку в вертикальном направлении, (при пренебрежении силой тяжести) на электрон действует только одна сила – сила со стороны электрического поля конденсатора, $F = qE$ (5), где в свою очередь $E = U / d$ (6), получаем $a = qU / dm$ (7). Подставив (7) в (3) получаем окончательное решение: $h = \frac{qU}{dm} \cdot \frac{l^2}{2v^2} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$

Приведенную в качестве примера задачу, нельзя отнести к какому-то одному определенному разделу физики. В этой задаче, как и в природных процессах, тесным образом переплетаются различные физические явления. Эту задачу можно причислить к разряду электромеханических, поскольку для ее решения необходимо привлечение законов механики и электромагнетизма.

В заключении приведем еще одну, современную классификацию задач [35].

1. **Информационные задачи** обеспечивают получение дополнительной информации.

Пример 8: *Скорость зайца 17 м/с, скорость дельфина 900 м/мин, скорость черепахи 830 см/мин, скорость гепарда 112 км/ч. Расположите животных в порядке возрастания их скоростей.*

2. **Межпредметные задачи** требуют для своего решения знания других предметов школьной программы – химии, географии и т. д.

Пример 9: *Зная постоянную Фарадея и используя таблицу Менделеева, найти электрохимические эквиваленты двух и четырехвалентного олова.*

3. **Эвристические задачи** – это те, решение которых происходит в подсознании, интуитивно. Основное отличие этого типа задач – свернутое восприятие всей проблемы в целом.

Пример 10: *Какой должна быть индукция магнитного поля, чтобы электрон со скоростью v вращался вокруг закрепленного положительного заряда q по окружности радиуса r ?*

4. **Редуцированные, или типовые,** задачи решаются по алгоритму.

5. **Интегративные задачи** – нестандартные творческие задачи с необозначенными явно путями решения. Как правило, текст такой задачи позволяет ученикам получить новые знания.

Пример 11: *В пруду плавает лодка, в которой находится камень. Как изменится уровень воды в пруду, если камень опустить на дно пруда в воду.*

Информационные, межпредметные и редуцированные задачи – это основа формирования физического мировоззрения учеников. Эвристи-

ческие, занимательные пробуждают интерес к физике, дают понимание того, что все явления природы подчиняются физическим законам.

Таким образом, существуют различные подходы к классификации задач по физике. Проведенный анализ получивших распространение сборников задач, как школьных, так и для вузов указывает на недостаточное внимание в них к экспериментальным, качественным и графическим задачам. В связи с чем, с учетом активного использования в учебном процессе тестовых заданий мы предлагаем в главе 3 данного пособия по всем основным разделам физики экспериментальные задачи, тестовые задания, качественные и графические задачи, расчетные текстовые задачи. Использование разнообразных физических задач в учебном процессе позволяет учащимся (студентам) при грамотной организации деятельности по их решению овладеть целым комплексом навыков и умений (вычислительных, экспериментальных, информационных, логических), освоить способы действий, обеспечивающие приобретение и успешное применение знаний, умений и навыков.

1.3. Этапы решения физических задач. Алгоритмические предписания к решению задач по физике и обобщенный, детализированный план решения

Можно выделить три этапа решения поставленной задачи: физический, математический, и анализ решения [3].

Физический этап начинается с изучения условия задачи и заканчивается составлением системы уравнений, которая содержит искомые величины. Данная система должна содержать необходимое и достаточное количество уравнений для выражения искомой величины через известные величины.

Математический этап начинается решением этой системы уравнений путем подстановки в уравнения числовых значений физических величин и заканчивается получением числового ответа. Этот этап можно разделить на:

- а) получение решения в общем виде,
- б) нахождение числового ответа задачи.

После получения решения в общем виде и числового ответа проводят проверку правильности решения (**этап анализа решения**). Проверку решения проводят следующими способами:

- а) соответствие размерностей;

например, решая задачу на нахождение напряженности поля в точке был получен следующий результат: $E = \frac{2q_1 h}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1^4}$. Целесообразно про-

вести проверку соответствия размерности:
 $[E] = \frac{[q] \cdot [h]}{[\epsilon_0] \cdot [r_1^4]} = \frac{Кл \cdot м}{(\Phi / м) \cdot м^4} = \frac{Кл / \Phi}{м^2} = \frac{В}{м^2}$. Поскольку единица измерения на-

пряженности В/м, очевидно что в ходе решения была допущена ошибка;

- б) соответствие полученного числового ответа физически возможным значением искомой величины;

например, получено значение заряда $5,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, чего не может быть т.к. любой заряд кратен элементарному ($q = Ne$, где N – целое число), или для скорости тела получено значение, большее скорости света в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с), т.е. ответ ошибочен.

- в) При получении многозначного ответа соответствие полученных ответов условиям задачи.

Рассматривая состояние методики формирования умения решать задачи в теории и практике обучения физике А.В. Усова и А.А. Бобров [73] выделяют уровни сформированности умения решать физические задачи. Так, например 3-ий уровень включает – овладение системой

способов и методов решения задач, алгоритмами решения задач по конкретным темам, 4-ый уровень – овладение общим алгоритмом решения физических задач.

Однако как отмечает Ю. В. Тихомиров: «... стандартная методика решения физических задач сформулирована слишком в общих чертах, особенно на ее начальных этапах... Разработанная к настоящему времени пошаговая методика решения физических задач не слишком востребована и не находит достаточно широкого применения» [69]. В то же время выпускники школ часто просто не в состоянии даже начать решение физической задачи. Объясняют это обычно так: «Я не понимаю. Я не знаю, как решить задачу». Как правило, детализировать свои затруднения самостоятельно они не могут. Выходом из данной ситуации является детализация схемы пошагового решения физических задач, включение в него на начальном этапе: анализа условия задачи, выбора основных законов и их адаптацию к условиям задачи. Непосредственно при анализе условия рекомендуется выполнять действия – выбор основного объекта, описание его состояния и обоснование моделей для каждого указанного элемента. Например, в задаче идет речь о прямолинейном движении автомобиля на затяжном спуске с постоянной скоростью. В этом случае: **объект** – автомобиль (модель – материальная точка), **процесс** – движение по наклонной плоскости без ускорения (модель – равномерное движение), **окружение** – грунт (модель – плоская, горизонтальная поверхность), воздух (модель – вакуум), гравитационное поле Земли (модель – однородное). После этого выделяется и обосновывается воздействие на объект элементов окружения, указывается способ описания воздействия. В рассматриваемом нами примере это действие на автомобиль сил соответственно со стороны грунта – силы трения и силы реакции опоры; со стороны Земли – силы тяжести.

В отличие от получившего широкое распространение в школьной практике общего плана решения физических задач (схема 2), В.И. Одинцова и Н.Е. Кургаева [44] предлагают приведенную ниже (схема 3) блок – схему с детализированным до отдельных шагов этапом построения модели ситуации, приведенной в задаче.

Повышенное внимание именно к начальному этапу в решении является оправданным, поскольку именно на начальном этапе решения, как учащиеся, так и студенты испытывают наибольшие затруднения. В качестве примера приведем задание (ЕГЭ, часть А), трудность которого составляет 71%, т.е. 71% абитуриентов не справились с ним. *Каким был бы КПД тепловой машины, если бы в качестве нагревателя использовали воду океана с температурой 20° , а в качестве холодильника – ледяной айсберг?* Девять из десяти учеников, как следует из результатов

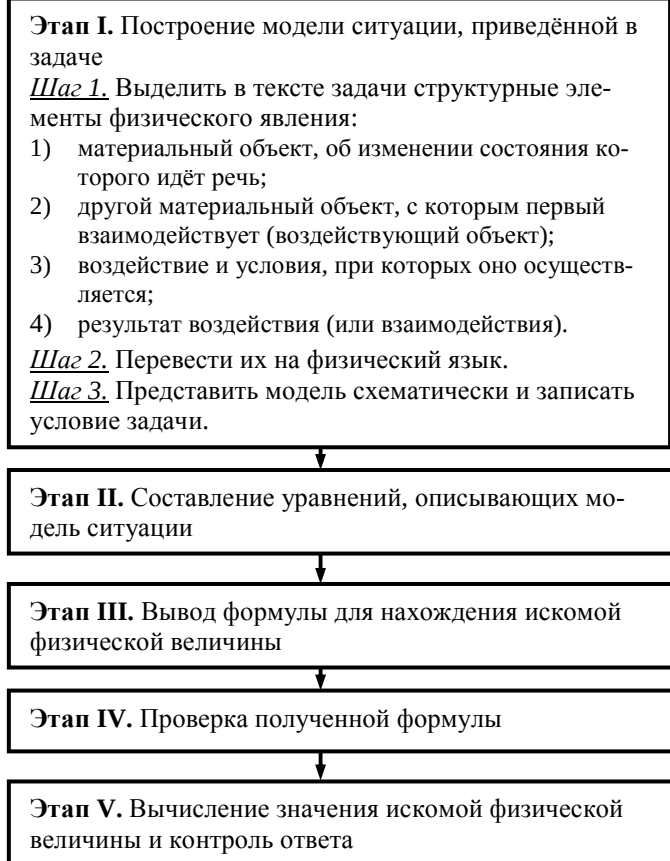
проведенного физического диктанта, устного опроса, знают, что для тепловой машины $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$, однако практически использовать эту формулу при решении задачи не могут, ученики не видят что $T_2 = 273\text{K}$ т.к. в качестве холодильника используется ледяной айсберг.

Схема 2. Стандартная схема решения физических задач

Общий план (алгоритм) решения физических задач

1. Чтение условия задачи и краткая запись условия; переход к СИ;
2. выполнение рисунка, схемы или чертежа;
3. анализ физического содержания задачи и выявления путей (способов) решения с последующим составлением плана решения;
4. выполнение решения в общем виде;
5. вычисления;
6. анализ результата и проверка решения;
7. запись ответа.

Схема 3. Блок-схема «Общий метод решения задач» В.И. Одинцовой и Н.Е. Кургаевой



Деятельность по решению физических задач учащимися, студентами, как показывают наши исследования [55], становится более успешной при детализации всех пунктов приведенного выше общего плана решения физических задач и обучении учащихся их выполнению с обеспечением максимальной самостоятельности. Заметное улучшение процесса решения физических задач отмечается при выделении и формулировании подцелей в ходе решения. Опираясь на ключевые признаки, ученики объясняют цель каждого шага в решении, что в итоге приводит к свободной ориентации в структуре задачи. В ходе совместного, группового и индивидуального решения задач, учащимися выделяются узловые моменты, осуществляется оценка их значимости, они обозна-

чаются (отдельным операциям присваивается название) и вносятся в конспект. Уже на завершающем этапе изучения механики, учащиеся успешно используют детализированный план решения задач (схема 4), убедившись в его универсальности.

Работа по вычленению необходимых для решения действий и операций, конструированию обобщенного плана решения физических задач должна начинаться уже с первых занятий. Приведем несколько примеров.

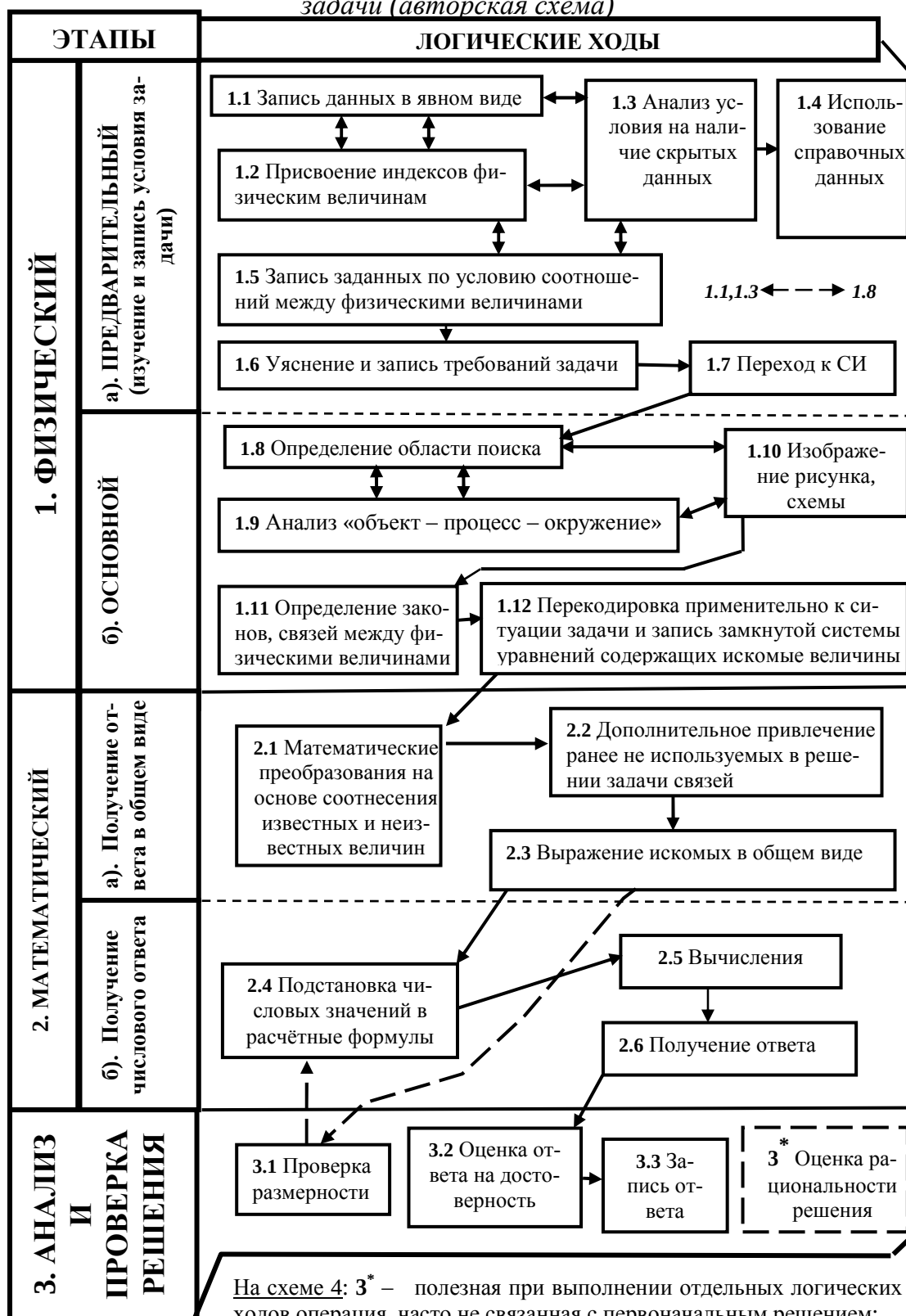
- 1) *Точка движется в плоскости XOY, и при этом ее координаты изменяются с течением времени по закону: $x = 2 \sin \omega t$ и $y = 2 \cos \omega t$, где ω – константа. Какова траектория точки?*
- 2) *Найти линейную скорость вращения точек земной поверхности на широте Санкт-Петербурга ($\varphi = 60^\circ$).*
- 3) *Расстояние между Землей и Луной равно 60 земным радиусам. В какой точке прямой, соединяющей центры Земли и Луны, ракета, движущаяся к Луне, будет притягиваться к Земле и Луне с одинаковой силой? Масса Земли в 81 раз больше массы Луны, а радиус Земли – в 3,8 раза больше радиуса Луны.*

Задача 1. Уяснение и запись требований задачи – одна из главных трудностей в решении этой задачи. Ученики выделяют их как отдельные логические операции с последующим внесением в детализированный обобщенный план решения. В задаче 2 выделяется анализ на наличие скрытых данных. Большинство учащихся испытывают затруднения при решении данной задачи именно из-за этого недостаточно сформированного умения. Поскольку речь в задаче идет о вращении точек земной поверхности, то $T = 24$ ч, радиус Земли (из справочника): $R_3 = 6,37 \cdot 10^6$ м. В задаче 3 выделены такие операции как запись заданных по условию соотношений между физическими величинами, уяснение и запись требований задачи, изображение рисунка, перекодировка закона с учетом введенных обозначений.

Отметим, что решение задач по определенному разделу физики, тематических задач имеет определенную специфику, в связи с чем на практике получили широкое распространение тематические алгоритмические предписания. Достаточно часто алгоритмические предписания называют алгоритмами решения, что является не совсем точным выражением.

Алгоритмические предписания в отличие от алгоритмов обращены не только к формальным, но и к содержательным операциям, т.е. допускают оперирование не только объектами знаковой природы, но и их смысловым содержанием [71, С. 27].

Схема 4. Детализированный план решения поставленной физической задачи (авторская схема)



На схеме 4: 3* – полезная при выполнении отдельных логических ходов операция, часто не связанная с первоначальным решением:

↕ – осуществляется параллельно; → – последовательно; ← — → – как правило взаимосвязано; - - - → – возможно, а иногда и целесообразно.

Поэтому алгоритмические предписания являются менее строгими, чем алгоритмы, хотя обладают теми же свойствами (определенность, массовость, результативность). При этом любое алгоритмическое предписание должно требовать выполнения «элементарных» действий – действий, с которыми ученик обязан справиться в течение кратчайшего промежутка времени. Указания такого типа как «обсуди», «проанализируй» требуют весьма сложных умственных операций, поэтому не являются элементарными. Все алгоритмические предписания можно разделить на общие и частные. Частные чаще всего в методической литературе называют узкотематическими. К общим, например, можно отнести предписания по решению расчетных задач. Более частный характер будут иметь предписания по решению расчетных задач по конкретной теме. Следует отдельно заметить, что при работе с алгоритмическими предписаниями происходит их частичное свертывание, что говорит о достоинстве этого приема.

Рассмотрим алгоритмические предписания к решению физических задач по теме «Динамика», которые решаются на основе законов Ньютона. Необходимо понимать, что всякий физический закон верен лишь при выполнении определенных условий. Совокупность этих ограничений называют границами применимости физического закона.

Например, второй закон Ньютона в форме $\vec{F} = m\vec{a}$ справедлив, если: движение тела рассматривать в инерциальной системе отсчета; тело – материальная точка постоянной массы; скорость тела значительно меньше скорости света в вакууме и т.д. При нарушении хотя бы одного из этих условий второй закон Ньютона в записанной выше форме применять нельзя.

При решении задач недостаточно знать закон (формулировку, физический смысл, границы применимости и т.д.), необходимо уметь применять его в конкретных условиях. Для физических законов существуют алгоритмические предписания по их применению (далее будем называть просто алгоритмы), приведем примеры:

Алгоритм решения задач на II закон Ньютона

1) Выбрать систему отсчета; систему координат (одну ось выбирают по движению тела).

2) Расставить силы (изобразив их на чертеже), действующие на тело с учетом 3-го закона Ньютона.

3) Результирующую силу $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$ приравнять к $m\vec{a}$ (dP / dt).

4) Спроецировать динамическое уравнение на координатные оси.

5) Воспользовавшись кинематическими связями задачи, вывести рабочую формулу.

6) Проверить рабочие формулы на размерность.

7) Сделать расчеты, провести анализ ответов и их запись.

Примечание: в задачах на движение связанных между собой тел необходимо для каждого из тел выполнить пункты 1–4 и далее решать систему уравнений.

Алгоритм решения задач на закон сохранения импульса

1) Установить, какие тела (или части одного тела) взаимодействуют между собой и образуют замкнутую систему.

2) Изобразить схематический рисунок, указав для каждого тела системы (или его частей) векторы скорости (или импульса) в начале и конце взаимодействия.

3) Выбрать систему отсчета и направления координатных осей (оси удобно выбирать так, чтобы они совпадали с наибольшим числом направлений векторов).

4) Записать закон сохранения импульса в векторной форме.

5) Записать полученное уравнение в проекциях на оси координат.

6) Найти проекции векторов на оси координат, выразив их через модули векторов.

7) Записать уравнение или систему уравнений в алгебраической форме (через модули векторов).

8) Решить задачу в общем виде.

Примечание: закон сохранения импульса может быть использован только для замкнутой системы. Если система в целом не замкнута, но сумма проекций внешних сил на одну из осей равна нулю, то можно использовать закон сохранения импульса в проекциях только на эту ось. При анализе реальности полученного результата необходимо обращать внимание на знак (направление) скорости.

Как уже было сказано, разработаны и используются на практике не только алгоритмические предписания по применению конкретного физического закона, но и алгоритмические предписания по решению задач на определенные темы. Приведем пример.

Алгоритм решения задач на динамику вращательного движения материальной точки

1) Выбрать систему отсчета (чаще выбирают систему, связанную с землей).

2) Выбрать систему координат (выбор связан с тремя взаимно перпендикулярными осями, причем первую ось направляют, как правило, к центру оси вращения это г-ось; вторая ось – это ось, направленная по

касательной (τ -ось); третья ось – перпендикулярна плоскости вращения ось n). Нужно отметить, что эта система координат вращается вокруг оси вращения (рис. 2).

3) Расставить все действующие на тело силы (это векторные величины).

4) Приравнять результирующую к $m\vec{a}$ или к dP/dt .

5) Определить проекции динамического уравнения на оси r , τ и n . Сила, спроецированная на ось r , имеет центростремительный характер и может быть записана в виде $m \cdot v^2/R$, причём v – есть мгновенная, линейная скорость, т.е. $v = ds/dt$

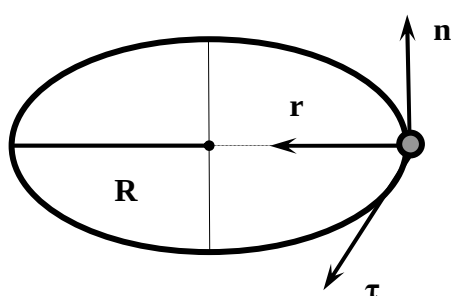


Рис. 2. К алгоритму на вращательное движение

6) Пользуясь кинематическими связями между вращательным и поступательным движениями, а также условием задачи вывести рабочую формулу.

Кинематические связи как правило следующие:

1) $v = \omega \cdot R$; 2) $a = \varepsilon \cdot R$; 3) $S = \varphi \cdot R$, где v – линейная скорость; ω – угловая скорость; R – радиус окружности; a – линейное ускорение; ε – угловое ускорение; φ – угол поворота.

7) Проверить правильность решения по соответствию размерности.

8) Провести численный расчет.

9) Оценить правдоподобность результатов и записать ответ.

Примечание: как правило, надо проецировать динамическое уравнение только на две оси, либо r и τ , либо r и n .

Методические указания к решению задач на механические колебания

При решении задач о колебательном движении материальной точки рекомендуется записать заданное уравнение и уравнения гармонических колебаний в общем виде. Сопоставив эти уравнения, определить величины, характеризующие колебания (амплитуду, фазу, период, частоту и др.) или наоборот, по данным параметрам следует записать уравнение гармонических колебаний.

Многие задачи решают, используя закон сохранения и превращения энергии. Для этого необходимо:

1) сделать рисунок;

2) выбрать нулевой уровень отсчета потенциальной энергии;

3) установить начальное и конечное положения системы;

- 4) определить, какие превращения энергии происходят в процессах;
- 5) составить уравнение закона сохранения и превращения энергии.

Следует обратить внимание на то, что уравнение гармонических колебаний может быть записано как в виде: $x = x_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_{02})$ так и в виде: $x = x_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_{01})$ в зависимости от выбора начальной фазы.

Если в задаче нет специальных оговорок, то следует считать:

- 1) колебательное движение задается уравнением $x = x_0 \cdot \sin \omega t$;
- 2) все величины заданы в единицах СИ;
- 3) движение изучается в пределах одного периода.

Решение задач о маятниках требует знания и понимания формул периодов колебаний. Обычно в знаменателе подкоренного выражения в формуле для периода колебаний математического маятника $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$, пишут ускорение свободного падения в данном месте Земли. Если точка подвеса маятника движется относительно Земли с ускорением, то формулу для T нужно находить с учетом ускоренного движения точки подвеса.

Решая задачи с пружинным маятником, следует учесть, что модуль ускорения равен $a = \frac{k}{m}x$, где x – смещение от положения равновесия.

Ускорение можно найти из второго закона Ньютона, определить коэффициент k , а затем и период колебаний T .

При сложении двух одинаково направленных гармонических колебаний одинакового периода получается гармоническое колебание того же периода с амплитудой: $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$ и с начальной фазой, определяемой из уравнения $\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$, где A_1 и A_2 – амплитуды слагаемых колебаний, φ_1 и φ_2 – их начальные фазы.

При сложении двух взаимно перпендикулярных колебаний одинакового периода уравнение траектории результирующего движения

$$\text{имеет вид: } \frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Если, проанализировав условие задачи, мы приходим к выводу, что колебания затухающие (затуханием пренебречь нельзя), то необходимо использовать уравнение затухающего колебательного движения:

$$x = A_0 e^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi), \text{ где } \delta - \text{коэффициент затухания.}$$

Рекомендуем учителям, преподавателям вузов изучить следующую, приведенную в списке литературы, литературу [1, 2, 3, 5, 13, 26, 27, 25, 28, 29, 33, 44, 59, 63, 65, 70, 76]

1.4. Методы и приемы решения физических задач

При решении задач по алгоритму выбирается определенный способ решения. Прежде всего, отметим, что не следует путать такие понятия как способ и метод решения задачи, это не одно и то же. А.В. Усова и А.А. Бобров разграничивают эти понятия, отмечая, что «под способом решения физической задачи следует понимать совокупность средств реализации того или иного метода», выделяя три способа: логический, математический и экспериментальный [73, С. 85].

По характеру логических операций, используемых в процессе решения, различают аналитический, синтетический и аналитико-синтетический методы.

Рассмотрим пример.

Пример 12. Найдите КПД наклонной плоскости длиной 1 м и высотой 60 см, если коэффициент трения при движении по ней тела равен 0,1.

Дано:	СИ
$l = 1 \text{ м}$	
$h = 60 \text{ см}$	0,6 м
$\mu = 0,1$	
$\eta - ?$	

Решение:

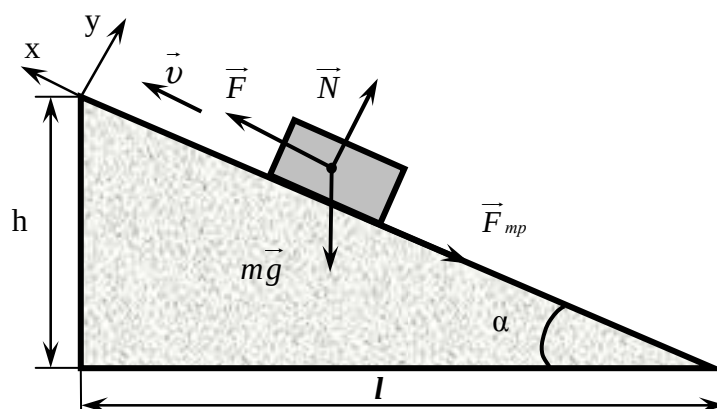


Рис. 3. К примеру 12

Определим область поиска, выстроив следующие рассуждения. Очевидно, что тело поднимают под действием некоторой силы (раздел механики – динамика). Естественно, что на тело действуют и другие силы (движение под действием нескольких сил). Значит можно использовать для решения алгоритмические предписания, приведённые в предыдущем пункте (алгоритм решения задач на II закон Ньютона).

Выберем систему отсчёта, сделаем чертёж и расставим все силы, действующие на тело (рис. 3). Укажем на чертеже направление скорости. Очевидно, что тело поднимают с постоянной скоростью, $\Rightarrow$ речь идёт о равномерном движении: $a = 0$.

I. Аналитический метод

Решение задачи всегда начинается с вопроса задачи, т.е. запишем формулу КПД:

$$\eta = A_n/A_3 \cdot 100\% \quad (1); \quad A_n = mgh \quad (2); \quad A_3 = Fl \quad (3).$$

Теперь задача сводится к определению модуля силы F , т.к. h , l , g известны, масса тела m введена нами и, вероятно, в процессе решения эта величина исключится.

$$\vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\text{оу: } N - m g \cos \alpha = 0 \quad (4)$$

$$\text{ох: } F - F_{\text{тр}} - m g \sin \alpha = 0 \quad (5)$$

$$\text{Из (5)} \Rightarrow F = F_{\text{тр}} + m g \sin \alpha \quad (6)$$

Однако неизвестны $F_{\text{тр}}$ и $\sin \alpha$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad (7)$$

$$\text{Из (4)} \Rightarrow N = m g \cos \alpha \quad (8)$$

$$\sin \alpha = h/l \quad (9)$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} \quad (10)$$

$$(8) \rightarrow (7): F_{\text{тр}} = \mu m g \cos \alpha \quad (11)$$

$$(10) \rightarrow (11): F_{\text{тр}} = \mu m g \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} \quad (12)$$

$$(9), (12) \rightarrow (6): F = \mu m g \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} + m g \frac{h}{\ell}$$

$$F = \mu m g \left(\frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} + \frac{h}{\ell} \right) \quad (13);$$

$$(2), (13) \rightarrow (1): \eta = \frac{mgh}{\mu m g \left(\frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} + \frac{h}{\ell} \right) \ell} \cdot 100\% = \frac{h}{\mu \sqrt{\ell^2 - h^2} + h} \cdot 100\% \approx 88\%$$

II. Синтетический метод

Решение задачи начинают не с вопроса задачи, а постепенно определяют все необходимое для получения ответа. Из анализа физической ситуации описанной условием задачи, решение можно начать с основного закона динамики – 2-ого закона Ньютона: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$. Спроецировав полученное динамическое уравнение на координатные оси, и решая совместно полученные уравнения, получим:

$$F = F_{\text{тр}} + m g \sin \alpha = \mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha. \quad \text{Выражая} \quad \sin \alpha = h/l;$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} \quad \text{и учитывая, что} \quad A_3 = F \ell = \ell \left(\mu g h \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} + m g \frac{h}{\ell} \right) \quad \text{и} \quad A_n = mgh,$$

$$\text{получим тот же результат: } \eta = \frac{h}{\mu \sqrt{\ell^2 - h^2} + h} \cdot 100\% \approx 88\%.$$

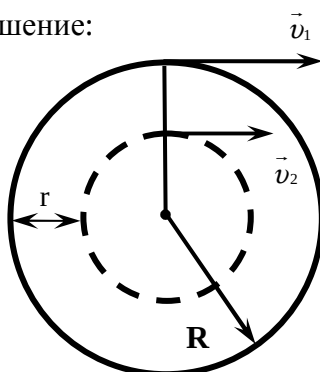
Решение задачи аналитическим методом возможно не всегда, достаточно часто сложно, а иногда невозможно построить решение от вопроса (требований) задачи. Рассмотрим следующую задачу, решение которой требует использование синтетического метода.

Пример 13. Найти радиус R вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость v_1 точки, лежащей на ободе, в 2,5 раза больше

линейной скорости v_2 точки, лежащей на расстоянии $r = 5$ см ближе к оси колеса.

Дано:	СИ
$v_1 = 2,5 \cdot v_2$	
$r = 5$ см	$5 \cdot 10^{-2}$ м
$R = ?$	

Решение:



Данная задача – яркий пример задач, где использование пояснительного рисунка оказывает существенную помощь в решении (рис 4). Хорошим приёмом является введение вспомогательного элемента – наличие у колеса спиц.

Рис. 4. К примеру 13

Тогда постановка вопроса: «Что общего в движении точек спицы лежащих на ободе и на расстоянии r от обода?» оказывается определяющим в решении. Ясно, что обе эти точки за равные промежутки времени будут поворачиваться на одинаковый угол. Поскольку в задаче речь идет о движении точек с постоянными скоростями, $\Rightarrow$ речь идет о равномерном движении по окружности и можно использовать законы равномерного движения по окружности. Известно, что обе рассматриваемые точки поворачиваются в единицу времени на одинаковый угол (движутся с одинаковой угловой скоростью). Кроме того, из условия задачи известна связь между линейными скоростями точек. Тогда становится очевидным, что нужно использовать связь между угловой и линейной скоростями: $v = \omega R$. Перекодировав этот закон применительно к рассматриваемым точкам, получаем: $v_1 = \omega R$; $v_2 = \omega(R - r)$.

Используя связь линейных скоростей, согласно условию задачи можно записать:

$$\omega R = 2,5 \omega (R - r) \text{ откуда } \Rightarrow R = \frac{2,5r}{1,5}.$$

Подставив числовые значения, получим 8,33 см.

Конечно, при решении задач трудно выделить в чистом виде анализ или синтез, они взаимосвязаны. Поэтому часто говорят об аналитико-синтетическом методе решения. Так, например, при решении качественных задач анализ и синтез выступают всегда во взаимосвязи. Решение качественной задачи обычно состоит в построении с помощью индукции и дедукции логических умозаключений, основанных на физических законах. При этом анализ и синтез так тесно связаны между собой, что можно говорить только об аналитико-синтетическом методе решения качественных задач.

Тем не менее, как отмечают С.Е. Каменецкий и В.П. Орехов [28] в случае, когда решение выстраивают исходя из вопроса (требований) задачи, на передний план выступает все же анализ.

Во втором случае на передний план выступает синтез, так как синтезируются различные соотношения, которые могут быть установлены по данным и условию задачи. Решение синтетическим методом по объему записей, числу рисунков и т.п. примерно такое же, что и при аналитическом. Но в этом случае труднее увидеть логику рассуждений.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что целесообразно начинать решение вычислительной задачи либо с вопроса задачи, либо с основного закона (законов), описывающего физическое явление (явления), рассматриваемое в данной задаче.

Методы решения физических задач

Особый интерес представляет подход к решению физических задач разработанный Б.С. Беликовым.

Б.С. Беликов описывает систему общих методов решения задач, объединяющую: 1) метод анализа физической ситуации задачи; 2) метод применения физического закона; 3) систему обще-частных методов; 4) метод упрощения и усложнения, метод оценки; 5) метод анализа решения; 6) метод постановки задачи [3, С. 17]. Среди общечастных методов выделены кинематический, динамический, законов сохранения, расчета физических полей, дифференцирования и интегрирования. Б.С. Беликов отмечает, что никакой метод, взятый отдельно, сам по себе не является универсальным и проявляет свою наибольшую силу только в системе методов.

Кратко остановимся на главных идеях некоторых методов [3].

Метод анализа физической ситуации сводится к выделению и анализу физического явления (явлений) описанных в задаче.

Метод упрощения и усложнения, метод оценки.

В основе метода упрощения и усложнения лежат два взаимосвязанных и противоположных процесса: процесс упрощения (идеализация, оценка и отбрасывание второстепенных явлений, пренебрежение несущественными деталями) и процесс усложнения (учет и рассмотрение ранее отброшенных деталей, объектов, явлений).

Пример 14. *Тело брошено под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Найти дальность полета тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.*

В «явном» виде задано упрощающее условие – сопротивлением воздуха пренебречь. Убрав это условие, мы усложняем задачу. Траектория будет отличаться от параболы и движение по отношению к оси x

уже не будет равномерным. При этом, решая данную стандартную задачу, считают, что: а) тело брошено с поверхности Земли; б) тело принимают за материальную точку; в) не учитывают движение Земли вокруг Солнца и вокруг собственной оси; г) считают ускорение свободного падения $g = 9,8 \frac{M}{c} = const$ и т.д. Учитывая любое из приведенных упрощений, мы естественно усложняем задачу.

Оценка физической величины сводится к арифметическому расчету порядка самой величины и сравнению однородных величин по их порядкам. Отметим, что требование задачи «сравнить», «во сколько раз» предполагает нахождение отношения; вопрос «на сколько» – нахождение разности. Оценка физического явления сводится к получению фундаментального закона, управляющего данным явлением и к числовому расчету порядка физической величины.

Одним из наиболее серьезных препятствий по решению задач по физике студентами является неумение использовать **метод дифференцирования и интегрирования**. Среди главных причин проблемы с математикой (неумение дифференцировать и интегрировать, а иногда при наличии этих умений трудности с их применением при решении конкретных физических задач) можно отметить и непонимание сути самого метода.

В основе метода дифференцирования и интегрирования лежат два принципа: принцип возможности представления закона в дифференциальной форме и принцип суперпозиции (если величины входящие в закон, аддитивны). Большое значение при использовании этого метода имеет знание и понимание границ применимости физических законов. Рассмотрим пример.

Пример 15. *Имеется кольцо радиусом R . Радиус проволоки равен r , плотность материала равна ρ . Найти силу, с которой это кольцо притягивает материальную точку массой m , находящуюся на оси кольца на расстоянии L от ее центра.*

Сила гравитационного притяжения может быть найдена по закону всемирного тяготения. Поскольку кольцо нельзя считать материальной точкой закон в виде: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ применить нельзя. Для решения задачи необходимо использовать метод дифференцирования и интегрирования. Возьмем элемент кольца dl (рис. 5). Сила взаимодействия между элементом кольца dl и массой m помещенной в точке А, будет: $dF = G \frac{mm'}{x^2} dl$, где m' – масса элемента кольца dl .

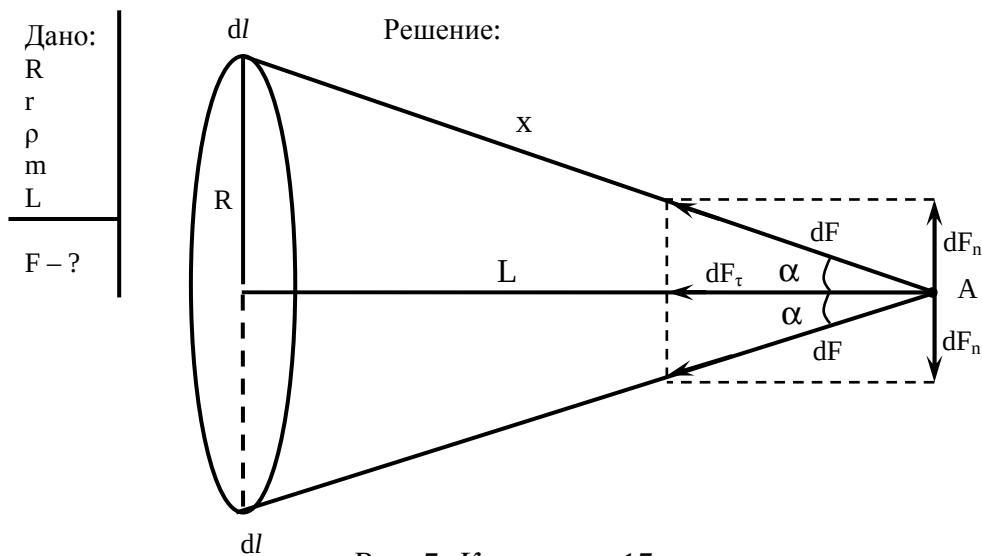


Рис. 5. К примеру 15

$$m' = \rho V = \rho \pi r^2 dl. \text{ Тогда } dF = G \frac{m \rho \pi r^2}{x^2} dl \quad (1)$$

Сила dF направлена по линии x , соединяющей элемент кольца dl с массой m . Для нахождения силы гравитационного взаимодействия всего кольца и массы m надо векторно сложить все силы dF . Силу dF можно разложить на две составляющие dF_n и dF_t . Составляющие dF_n двух диаметрально расположенных элементов взаимно уничтожаются, поэтому $F = \int dF_t \quad (2)$. Используя рисунок к задаче, находим: $dF_t = dF \cos \alpha = \frac{dF L}{x} \quad (3)$.

$$(3) \rightarrow (2): F = \int \frac{L}{x} dF = G \frac{m \rho \pi r^2 L}{x^3} \int_0^{2\pi R} dl = G \frac{m \rho \pi r^2 L 2\pi R}{x^3} \quad (5).$$

Учитывая, что по теореме Пифагора: $x = \sqrt{R^2 + L^2} \quad (6)$; $(6) \rightarrow (5)$, окончательно получаем: $F = \frac{2\pi^2 G m \rho r^2 R L}{(R^2 + L^2)^{3/2}}$.

При решении многих задач по физике ученики испытывают трудности с пониманием и определением требований задачи. Одним из приемов, позволяющих преодолеть такие трудности является переформулирование исходного условия задачи или ее части. Рассмотрим пример.

Пример 16. Точка движется в плоскости XOY , и при этом ее координаты изменяются с течением времени по закону: $x = 2 \sin \omega t$ и $y = 2 \cos \omega t$, где ω – константа. Какова траектория точки?

Основной трудностью для большинства учеников является непонимание требования задачи. Нужно определить, что представляет собой траектория движения. Траектория движения определяется уравнением движения, в данном случае уравнением $x(y)$. Тогда задачу можно сфор-

мулировать так: *Записать уравнение движения точки движущейся в плоскости XOY по законам: $x = 2 \sin \omega t$ и $y = 2 \cos \omega t$, где x и y – координаты, t – время; ω – константа. Какова траектория точки?*

Очевидно, ответив на первый вопрос, можно будет ответить и на второй вопрос (вопрос в оригинальной формулировке задачи).

Для успешного овладения умением решать задачи по физике целесообразно познакомиться с эвристическими приемами. Не случайно говорят, что для того чтобы научиться решать задачи их нужно решать. Поэтому одного лишь знакомства с приведенными методами и приемами решения задач недостаточно. Необходимо самостоятельно решать задачи.

Некоторые эвристические приемы решения задач

Рекомендации по стратегии и тактике поисковой деятельности по преобразованию нестандартной задачи в стандартную называются эвристиками или эвристическими приемами. И.Л. Юфанова рассматривает «эвристические рассуждения» как модель построения умозаключений, следуя которой ученик должен решать задачи [84, С. 40]. Она выделяет шесть способов построения моделей: 1) введение вспомогательных элементов; 2) упрощение ситуации; 3) специализация; 4) возвращение к определениям; 5) доказательство «от противного»; 6) использование аналогий.

Введение вспомогательного элемента, как приема оказывающего определяющее значение для решения задачи было продемонстрировано в примере 13. Приведем пример, в котором используется доказательство «от противного».

Пример 17. *Докажите, что силовые линии электростатического поля не бывают замкнутыми.*

Решение: Предположим, что силовые линии электростатического поля замкнуты. Если бы на такой линии оказалась свободная заряженная частица с $v_0 = 0$, то она двигалась бы вдоль линии, ускоряясь под действием электрического поля. Это привело бы к бесконечному росту кинетической энергии заряженной частицы, что противоречит закону сохранения энергии. Значит наше исходное предположение неверно.

М.С. Красин [33, С. 18–22] опираясь на научные разработки различных исследователей, собственные исследования и педагогический опыт выделяет систему эвристических приемов решения задач по физике, состоящую из 30 приемов, объединенных в 6 семейств. Приемы первых пяти семейств основаны на использовании в решении физических задач методологических принципов (установленных на основании

обобщения опытных данных, правил). Данные семейства, включающие систему приемов, а также их основные идеи и принципы представлены нами в таблице 3.

Таблица 3

Система эвристических приемов решения задач по физике

Семейство приемов	Название приема	Основные идеи и принципы приема
Анализ условий и постановка задачи	Анализ требований, анализ данных.	Анализ данных, требований и конфликта, т.е. основной трудности задачи.
	Сближение в терминологии данных и цели.	Замена терминов определениями и наоборот, подведение условий и цели под логические категории, категории – качество и количество.
	Перекодирование текста в схему.	Краткая запись условия в виде рисунка (рисунков) или схемы.
	Идеализация свойств и явлений.	Разработка моделей с помощью упрощения, абстрагирования, благодаря чему задача становится решаемой.
	Подбор дополнительных данных.	Использование информации, необходимой для решения из справочников.
	Отсев лишних условий.	Исключение информации, не влияющей на решение.
	Толерантность в выборе модели задачи и способа решения.	Попытка решения разными способами, поиск наиболее оптимального.
Методологический подход	Взгляд на проблему в целом.	Выделение главного.
	Аналогия и опора на предыдущие решения.	Поиск подобия с переходом к действиям по образцу.
	Поиск и учет симметрии	Центральной, осевой, поворота, параллельного переноса и т.д.
	Опора на сохраняющиеся величины.	Сохранения заряда, массы, энергии, импульса, количества вещества, массового числа и т.д.
	Взгляд из разных систем отсчета, с разных сторон.	Из разных ИСО, не ИСО, вид сверху, снизу, сбоку и т.д.
	Представить в виде суперпозиции.	Представить процесс или объект как результат наложения нескольких более простых объектов или процессов.

Продолжение таблицы 3

Поиск новых связей	Учет согласованности изменений физических величин. Уточнение структуры модели, учет особенностей системы, выдвижение новых гипотез.	Учет кинематических связей, динамических изменений, энергетических переходов.
	Использование геометрических образов.	Применение геометрических образов векторных величин, картины силовых линий, эквипотенциальных поверхностей.
	Использование графиков.	Работа с графиками для изучения динамики процесса, его продолжительности, поиска минимумов и максимумов.
Переструктурирование задачи	Разделение на части.	Деление задачи на подзадачи, разделение тела на части, процесса в пространстве и во времени.
	Периодизация процесса.	Четность и нечетность, гармонический характер изменений величин на определенном интервале времени и т.д.
	Введение вспомогательных элементов и процессов.	Введение дополнительных физических величин, разграничительных перегородок, измерительных приборов, взаимно скомпенсированных процессов.
	Комбинаторика явлений и объектов.	Изменение взаимного расположения объектов, смена последовательности процессов, замена реального на «зеркальное», смещение, выражение частично через себя.
	Решение обратной задачи.	Рассмотреть обратный процесс, считать известную величину искомой, а искомую известной.
Изменение уровня обобщенности	Разработка более общей задачи.	Решение в общем виде и конкретизация результата, сравнение по порядку величины.
	Решение более конкретной задачи.	Предварительное решение более конкретной задачи и обобщение результата, оценка окончания процесса, проверка результата подстановкой конкретных значений.
	Решение более идеализированной задачи.	Предварительное решение более идеализированной задачи и обобщение результата, оценка окончания процесса, проверка результата подстановкой идеализированных значений.

Остановимся на отдельных приемах.

Пример 18. *Велосипедист начал свое движение из состояния покоя и в течение первых 4 с двигался с ускорением 1 м/с^2 , затем в течение*

ние 0,1 мин он двигался равномерно и последние 20 м – равнозамедленно до остановки. Найти среднюю скорость за все время движения.

Для решения используем прием – «разделения на части», разделив задачу на подзадачи. Путь, пройденный велосипедистом условно разделим на три части: первая – с ускорением 1 м/с^2 в течение 4 с; равномерное в течение 0,1 мин; равнозамедленное на последних 20 м пути до остановки. Проанализируем словосочетания, использующиеся в условии задачи: «из состояния покоя» означает, что в начальный момент $v_0 = 0$; «до остановки» – конечная скорость на третьем участке равна нулю. Построим решение исходя из вопроса задачи. Очевидно, что $v_{cp} = (s_1 + s_2 + s_3)/(t_1 + t_2 + t_3)$, т.к. время движения на этих участках будет разным.

Дано:	СИ	Решение:
$t_1 = 4 \text{ с}$		$v_{cp} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad (1)$
$a_1 = 1 \text{ м/с}^2$		$S_3, t_1 \text{ и } t_2 \text{ известны} \Rightarrow \text{задача сводится к нахождению } S_1, S_2 \text{ и } t_3. \text{ Т.к. на первом участке велосипедист движется с ускорением } a_1 = 1 \text{ м/с}^2$
$t_2 = 0,1 \text{ мин}$	6 с	$= \text{const} - \text{движение равноускоренное и } v_{01} = 0:$
$S_3 = 20 \text{ м}$		
$v_{cp} - ?$		

$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = 8 \text{ м} \quad (2). \quad v_1 = a_1 t_1 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{ скорость в конце первого участка. Поскольку на втором участке тело движется равномерно} \Rightarrow v_1 = v_2. \text{ Тогда используем закон равномерного движения: } S_2 = v_1 t_2 = 24 \text{ м} \quad (3). \text{ Остается найти время движения на третьем участке. Часто выход из затруднений в ходе решения удается найти из анализа того, что известно (дано). Нам известны: путь } S_3 = 20 \text{ м, начальная скорость на участке } v_{03} = v_2 = v_1 = 4 \text{ м/с; конечная скорость } v_3 = 0. \text{ Синтез известных величин приводит к выводу, что удобно использовать формулу для равнопеременного движения через квадрат скоростей. Перекодировав ее с учетом введенных обозначений, запишем:}$

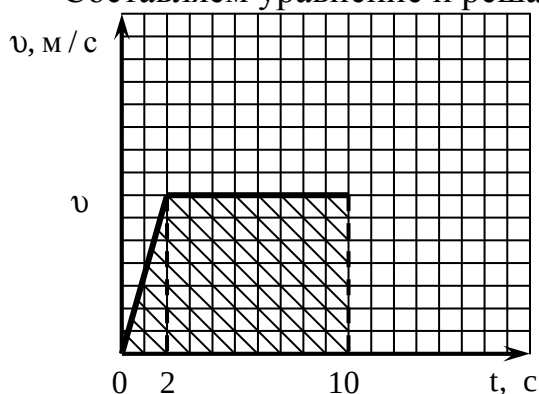
$$S_3 = -\frac{v_1^2}{2a_3} \Rightarrow a_3 = -\frac{v_1^2}{2S_3} = -0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \text{ Тогда } v_1 + a_3 t_3 = 0 \Rightarrow t_3 = -\frac{v_1}{a_3} = 10 \text{ с} \quad (4).$$

$$(2), (3) \text{ и } (4) \rightarrow (1): v_{cp} = \frac{8 + 24 + 20}{4 + 6 + 10} = 5,2 \text{ (м/с)}.$$

Пример 19. Конькобежец пробежал 100 метров за 10 секунд, из которых 2 секунды он потратил на разгон. Остальное время он двигался равномерно. Чему равна скорость равномерного движения конькобежца?

Эта задача является довольно трудной для учеников, если решать ее аналитически. Использование приема графического представления движения позволяет решить ее очень легко. Изображаем график зависимости скорости движения спортсмена от времени (рис. 6). Две секунды спортсмен двигался равноускоренно, пока не достиг скорости v . Затем двигался 8 секунд равномерно со скоростью v . За все время движения прошел путь 100 м. Этот путь численно равен площади заштрихованной фигуры, которая складывается из площади треугольника $2v/2$ и площади прямоугольника $8v$.

Составляем уравнение и решаем:



$$v + 8v = 100$$

$$9v = 100$$

$$v = 100/9 \approx 11 \text{ (м/с)}$$

Рис. 6. К примеру 19

Пример 20. По приведенному графику зависимости $x(t)$ определить скорость тела в момент времени $t = 3$ с (рис. 7).

Решение: Если построить касательную к графику функции $f(t)$ в точке с $t = t_1$, то тангенс угла наклона этой касательной к оси t будет равен по величине производной функции $f(t)$ в точке с координатой $t = t_1$. Для $t = 3$ с получаем:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{6-0}{3-1,5} = 4, \Rightarrow v_x(t_1) = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

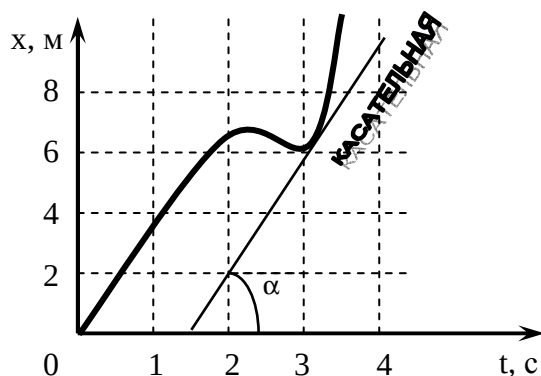


Рис. 7. К примеру 20

Пример 21. Предмет высотой 0,03 м расположен на расстоянии 0,15 м от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 0,3 м. На каком расстоянии от линзы получится изображение? Какова будет величина изображения?

Дано: $h = 0,03 \text{ м}$ $d = 0,15 \text{ м}$ $F = 0,3 \text{ м}$ $f - ?$ $H - ?$	Решение: Поскольку линза рассеивающая – фокус мнимый. $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$ (1). Из (1) $\Rightarrow$ $\frac{1}{f} = \frac{d+F}{Fd}$; $f = \frac{Fd}{d+F} = 0,1 \text{ м}$ $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \Rightarrow H = \frac{hf}{d} = 0,02 \text{ м}.$
--	--

Ответ 0,1 м; 0,02 м.

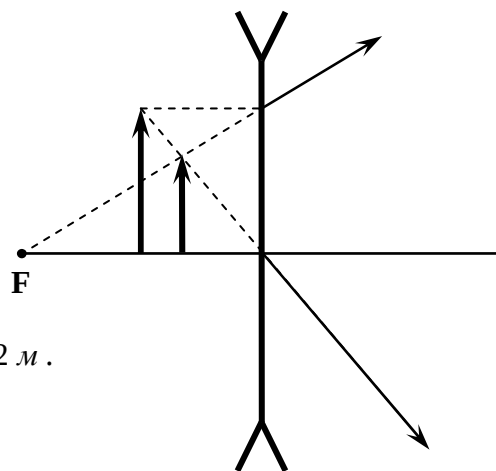


Рис. 8. К примеру 21

В этой задаче прием – изображение рисунка с ходом лучей (рис. 8) позволяет избежать ошибок со знаками в уравнении (1), что и представляет для большинства учеников главную трудность в решении.

Пример 22. В электрическую цепь (рис. 9) включены четыре резистора, сопротивления которых соответственно равны: $R_1=30 \text{ Ом}$, $R_2=12 \text{ Ом}$, $R_3=40 \text{ Ом}$, $R_4=10 \text{ Ом}$. Амперметр показывает силу тока 2 А. Определите напряжение между точками А и В и силу тока в резисторах R_1 и R_2 .

Дано: $R_1 = 30 \text{ Ом}$ $R_2 = 12 \text{ Ом}$ $R_3 = 40 \text{ Ом}$ $R_4 = 10 \text{ Ом}$ $I = 2 \text{ А}$ $U - ?$ $I_1 - ?$ $I_2 - ?$

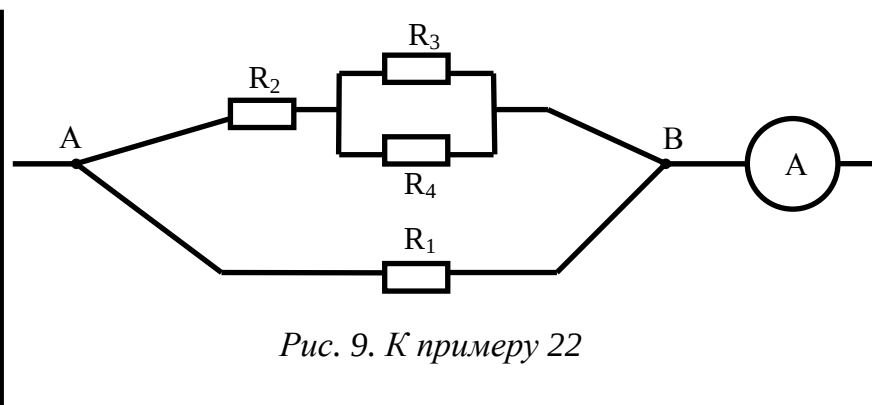


Рис. 9. К примеру 22

Такие задачи решают используя прием – упрощение схемы соединения резисторов. Упрощаем цепь следующим образом (рис. 10).

1. Согласно закону Ома для участка цепи сила тока, протекающего через амперметр равна: $I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = IR$ (1).

Резисторы R_3 и R_4 соединены параллельно. Их общее сопротивление R_{34} найдем из законов параллельного соединения проводников:

$$\frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \Rightarrow R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \quad (2).$$

Резистор R_2 соединен последовательно с R_{34} , тогда:

$$R_{234} = R_2 + R_{34} \quad (3), \quad (2) \rightarrow (3): \quad R_{234} = R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \quad (4).$$

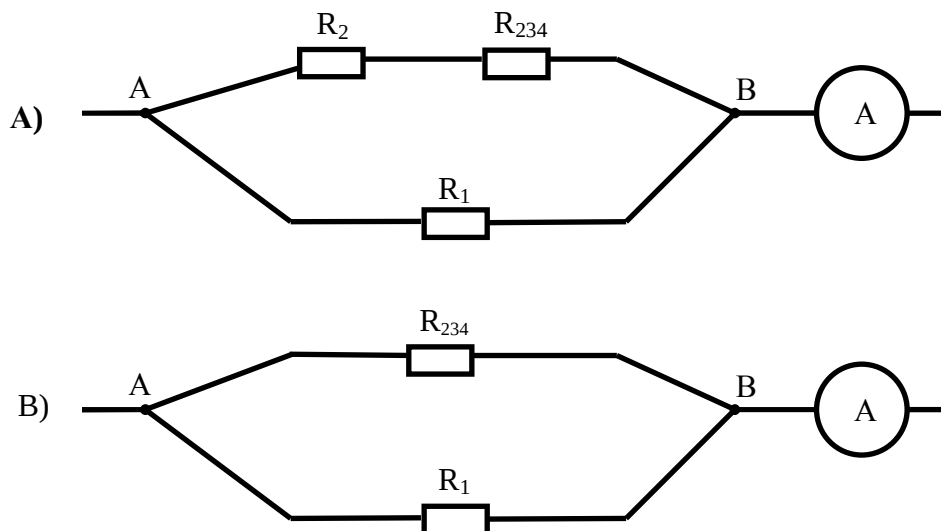


Рис. 10. К примеру 22

Участок цепи с сопротивлением R_{234} и резистор R_1 соединены параллельно, следовательно, полное сопротивление R всего участка АВ цепи можно найти: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{234}} \Rightarrow R = \frac{R_1 R_{234}}{R_1 + R_{234}} \quad (5).$

1. По законам соединения проводников напряжение в параллельных ветвях одинаково. С учетом этого можно записать закон Ома для участка цепи содержащего резистор R_1 : $I_1 = \frac{U}{R_1} \quad (6).$

2. Величину тока, протекающего через резистор R_2 , найдем также из законов соединения проводников: $I_2 = I - I_1 \quad (7).$

3. Проведем вычисления, воспользовавшись формулами (5), (1), (6) и (7). При нахождении сопротивления всего участка R удобно предварительно найти R_{234} , используя формулу (4).

Окончательно получаем $U = 24 \text{ В}$; $I_1 = 0,8 \text{ А}$; $I_2 = 1,2 \text{ А}$.

Следует отметить, что, как правило, в процессе решения задачи используется не один, а несколько выделенных в таблице 3 приемов. Приведем пример.

Пример 23. Небольшая шайба соскальзывает без начальной скорости с совершенно гладкой горки высотой h_1 имеющей горизонтальный трамплин. При какой высоте h трамплина шайба пролетит наибольшее расстояние S . Чему оно равно?

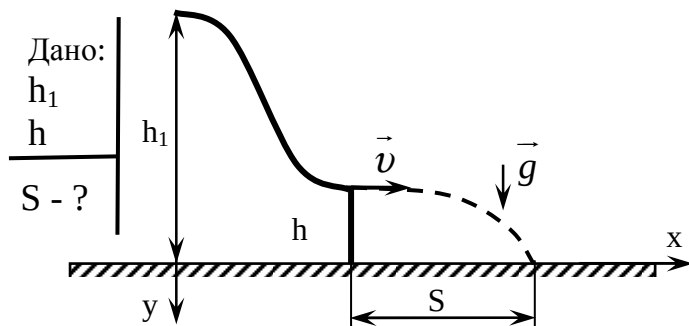


Рис. 11. К примеру 23

$$S = vt \quad (1); \quad h = \frac{gt^2}{2} \quad (2). \quad \text{Из (1)} \Rightarrow t = \frac{S}{v} \quad (3); \quad (3) \rightarrow (2): h = \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v^2}, \quad 2hv^2 = gS^2.$$

$$S = \sqrt{2hv^2 / g} = v\sqrt{2h / g} \quad (4)$$

Тело соскальзывает с горки без начальной скорости ($v_0 = 0$) и у трамплина приобретает скорость v , которую можно найти, используя законы кинематики. $h_1 - h = \frac{v^2}{2g}$, $2g(h_1 - h) = v^2$;

$$v = \sqrt{2g(h_1 - h)} \quad (5); \quad (5) \rightarrow (4); \quad S = \sqrt{2g(h_1 - h) \frac{2h}{g}} = \sqrt{4h(h_1 - h)}.$$

Т.е. чем больше $(h_1 - h)$, тем дальше улетит шайба.

В приведенном решении этой задачи можно выделить следующие приемы:

- идеализация свойств и явлений (при заданном в условии упрощении – совершенно гладкая горка, мы считаем, что воздух не оказывает сопротивления движению шайбы);
- аналогия и опора на предыдущие решения (движение шайбы после отрыва от трамплина аналогично движению тела брошенного горизонтально со скоростью v);
- разделение на части (условно делим задачу на две: 1) используя прием «аналогия и опора на предыдущие решения» выражаем S ; 2) используя законы кинематики, выражаем через заданные нам по условию задачи величины необходимую для нахождения расстояния S скорость v).

Предлагаем, рассмотрев приведенные ниже примеры 24, 25 самостоятельно выделить приемы, использующиеся в решениях этих задач.

Пример 24. Стальной проводник диаметром 0,1 мм висит в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл (рис. 12). Найти силу тока в проводнике.

Записав данные в «явном» виде (d, B) проводим анализ на наличие «скрытых данных». Поскольку проводник стальной, можно воспользо-

Дано:	СИ
$d = 0,1 \text{ мм}$	10^{-4} м
$B = 20 \text{ мТл}$	$2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$
$\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	
$I = ?$	

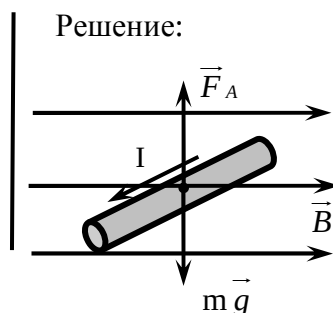


Рис. 12. К примеру 24

зовавшись справочными данными, записать плотность стали. Почему только плотность? Конечно, можно записать и другие справочные данные, например удельную теплоемкость, темпе-

ратуру плавления и т.д. Этого мы не делаем на данном этапе (этапе изучения условия задачи и его краткой записи) определяя область поиска. Наверняка решение задачи требует привлечения законов электромагнетизма и возможно – механики. Продолжаем анализировать физическую ситуацию задачи. Проводник – висит, т.е. находится в состоянии покоя. Из первого закона Ньютона следует, что результирующая сил действующих на проводник равна нулю. Известно, что на проводник с током со стороны магнитного поля действует сила Ампера. Кроме того, на него действует сила тяжести. Значит: $mg = F_A$ (1). $F_A = BIl$ (2), т.к. $\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1$.

В ходе решения задачи, проверяем, все ли величины в записанных уравнениях известны. Записав (2), мы выходим на искомую величину – силу тока. Однако, неизвестна масса проводника и его длина.

Отметим, что при возникновении трудностей в процессе решения задачи следует обратиться к «Дано». Именно там, при грамотном проведенном анализе на наличие скрытых данных содержатся подсказки. Очевидно, что при известной плотности, $m = \rho V$ (3). Как далее необходимо выразить объем? Проводник представляет собой цилиндр, значит $V = l S$ (4). Площадь поперечного сечения, с учетом того, что d – известная по условию величина: $S = \pi d^2 / 4$ (5). Тогда (5), (4) $\rightarrow$ (3): $m = \rho l \pi d^2 / 4$ (6). Далее (6), (2) $\rightarrow$ (1): $\rho l \frac{\pi d^2}{4} g = BIl \Rightarrow I = \frac{\pi d^2 \rho g}{4B}$. Проведем

проверку размерности: $[I] = \frac{[d^2] \cdot [\rho] \cdot [g]}{[B]} = \frac{\text{м}^2 \cdot (\text{кг} / \text{м}^3) \cdot (\text{м} / \text{с}^2)}{\text{Тл}} = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Тл} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{Тл} \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{кг}}{(\text{н} / \text{А} \cdot \text{м}) \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{кг}}{(\text{кг} / \text{А} \cdot \text{с}^2) \cdot \text{с}^2} = \text{А}$. Подставив числовые значения и посчитав, получаем: 0,03 А.

Ответ: 0,03 А.

Пример 25. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 6 \text{ кВ}$, влетает в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к направлению поля. Индукция магнитного поля 13 мТл. Найти радиус R и шаг h винтовой траектории.

Дано:	СИ
$U = 6 \text{ кВ}$	$6 \cdot 10^3 \text{ В}$
$\alpha = 30^\circ$	
$B = 13 \text{ мТл}$	$13 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$
$ q = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	
$m \approx 9 \cdot 10^{-31} \text{ Кг}$	
$R - ?$	
$h - ?$	

Решение:

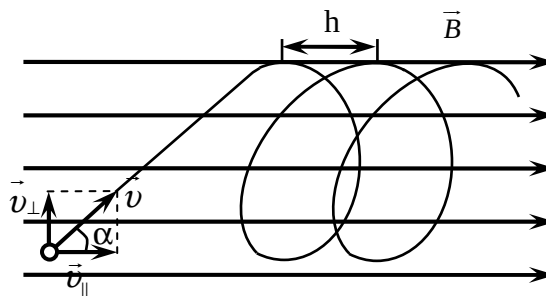


Рис. 13. К примеру 25

В данном случае частица будет двигаться по спирали (винтовой линии) (рис. 13). Магнитное поле не будет действовать на параллельную полю, составляющую $\vec{v}_{\parallel}$, и вдоль поля частица будет двигаться равномерно и прямолинейно согласно первому закону Ньютона. На перпендикулярную полю составляющую скорости $\vec{v}_{\perp}$ действует сила Лоренца, равная: $F_{\perp} = qv_{\perp}B$. Она заставляет частицу вращаться в плоскости, перпендикулярной вектору B . Одновременное участие в двух описанных движениях, и обеспечивает спиральную форму траектории электрона. Составим систему уравнений описывающих данную физическую

ситуацию: $a_n = \frac{F_{\perp}}{m}$ (1); $F_{\perp} = qv_{\perp}B$ (2); $a_n = \frac{v_{\perp}^2}{R}$ (3); $v_{\perp} = v \sin \alpha$ (4).

$$(2), (3) \rightarrow (1): \frac{v_{\perp}^2}{R} = \frac{qv_{\perp}B}{m}; \frac{v_{\perp}}{R} = \frac{qB}{m}; RqB = v_{\perp}m \Rightarrow R = \frac{v_{\perp}m}{qB} \quad (5).$$

$$(4) \rightarrow (5): R = \frac{mv \sin \alpha}{qB} \quad (6). \text{ Чтобы определить скорость, с которой}$$

электрон влетает в магнитное поле, воспользуемся связью между работой сил электрического поля и изменением кинетической энергии заряженной частицы:

$$qU = \frac{mv^2}{2}; 2qU = mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2qU/m} \quad (7).$$

$$(7) \rightarrow (6): R = \frac{m\sqrt{(2qU/m)} \sin \alpha}{qB} = \frac{m\sqrt{(2qU)} \sin \alpha}{qB\sqrt{m}} = \frac{\sqrt{(2Um)} \sin \alpha}{B\sqrt{q}}.$$

Шаг спирали h можно найти, используя законы кинематики:

$h = v_{\parallel}T$ (8); $v_{\parallel} = v \cos \alpha$ (9). Так как в случае равномерного движения: $v = \frac{S}{t}$, для движения по окружности в нашем случае:

$$v_{\perp} = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (10). \text{ Тогда } (9), (10) \rightarrow (8): h = v \frac{2\pi m}{qB} \cos \alpha. \text{ Можно про-}$$

вести проверку размерности полученных конечных формул, подставить числовые значения физических величин и посчитать.

Ответ: 1 см; 10,8 см.

1.5. Тестовые задания. Особенности выполнения тестовых заданий по физике

Проверка знаний и умений составляет важную часть учебного процесса, так как позволяет установить однозначную связь между методами обучения и качеством усвоения пройденного материала, а, следовательно, и степенью подготовленности обучающихся к дальнейшему осмысленному изучению учебного материала. Одним из современных методов, позволяющих более четко оценить достижения учащегося (студента), является тестовый контроль. Тест – это инструмент, краткое стандартизованное испытание, в основе которого лежит специально подготовленный набор заданий, позволяющих объективно и надежно оценить исследуемые качества на основе использования статистических методов. Структурными компонентами теста являются: тестовое задание – задача в тестовой форме, предназначенная для выполнения, к которой помимо содержания предъявляются требования тестовой формы и эталон – образец полного и правильного выполнения действия, служащий для сравнения достигнутого уровня с планируемым.

В отличие от психологических тестов, измеряющих стабильные, фактически не изменяющиеся при обучении и тренинге свойства личности – способность, индивидуальность и т.д., образовательные тесты (тесты достижения) фиксируют достигнутый на данный момент времени уровень подготовки ученика. Тестовый блок заданий позволяет получить существенный информативный результат об уровне подготовки ученика, благодаря большому количеству вопросов и задач, охватывающему изучаемый материал, в отличие от стандартных методов проверки в виде контрольных работ, при тех же временных затратах.

Так же как и для физических задач, тестовые задания можно классифицировать по разным признакам. Наибольшее распространение получили классификации по способам выражения условия и требований задания (так называемые открытые и закрытые тестовые задания).

Положив в основу классификации способ выражения условия можно выделить следующие тестовые задания:

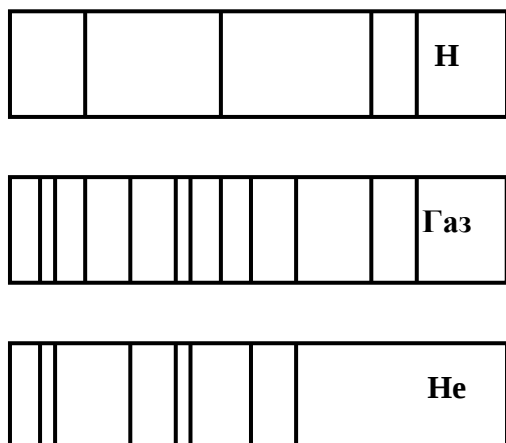
1. текстовые – в этих заданиях вся необходимая для решения информация содержится в текстовом условии задания.

Пример 26. *Линейная и угловая скорости движения тела по окружности соответственно равны 10 м/с и 5 рад/с. Найдите радиус окружности движения тела.*

А. 0,2 м; Б. 2 м; В. 50 м; Г. 62,8 м.

2. Иллюстративные – вся необходимая информация для решения содержится в осмысленном анализе предложенного чертежа, схемы, диаграммы, рисунка, графика.

Пример 27. На рисунке (рис. 14) приведен спектр поглощения неизвестного газа (в середине), спектр поглощения атомов водорода (вверху) и гелия (внизу).



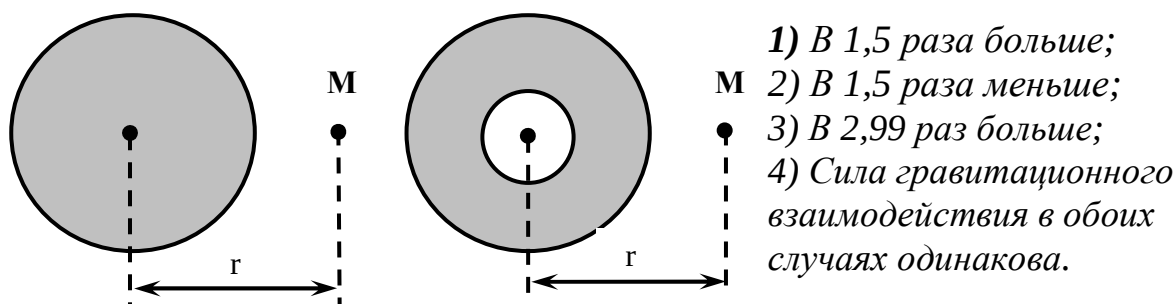
Что можно сказать о химическом составе газа?

- 1) газ содержит только атомы водорода;
- 2) газ содержит только атомы гелия;
- 3) газ содержит атомы водорода и гелия;
- 4) газ содержит атомы водорода, гелия и еще какого-то вещества.

Рис. 14. К примеру 27

3. Комбинированные – задания, включающие в себя текстовую и иллюстративную информацию. Данная взаимно дополняющая друг друга информация, позволяет выработать правильную тактику решения.

Пример 28. В центре однородной сферы радиусом R (рис. 15) сделали полость радиусом $R/\sqrt[3]{3}$. Во сколько раз сила гравитационного взаимодействия материальной точки массой M с данной сферой в первом случае, отличается от силы взаимодействия этой же точки во втором случае?



- 1) В 1,5 раза больше;
- 2) В 1,5 раза меньше;
- 3) В 2,99 раз больше;
- 4) Сила гравитационного взаимодействия в обоих случаях одинакова.

Рис. 15. К примеру 28

«Задания открытого типа» или «задания с выбором правильного ответа» – это задачи или вопросы с набором пронумерованных ответов. Широко используются на практике задания, которые имеют более одно-

го – два, а иногда и три правильных ответа. В открытых заданиях ЦТ и ЕГЭ только один из вариантов ответа является верным. Таким заданием является задание, приведенное выше в качестве примера текстового задания. Приведем еще один пример.

Пример 29. *Сила тока в цепи изменяется со временем по закону $I = 3\sin 20t$. Чему равна частота электрических колебаний?*

- 1) 3 с^{-1} ; 2) 20 с^{-1} ; 3) $(10/\pi)\text{ с}^{-1}$; 4) $(\pi/10)\text{ с}^{-1}$.

«Задания закрытого типа» или «задания свободного конструирования ответа» – это задачи расчетного характера, не имеющие набора ответов. В бланке ЦТ или ЕГЭ ответ записывается без единиц измерений.

Пример 30. *Катушка с сердечником из электротехнической стали имеет индуктивность равную 1,2 Гн при силе тока в ее витках 5 А. Магнитная проницаемость материала сердечника при этих условиях равна 1200. После удаления сердечника из катушки ее индуктивность стала равна ... (в мГн).* Ответ: 1.

Полезно знать, что составители тестовых заданий при составлении сетки ответов руководствуются следующими принципами:

1) Дистракторы (неверные варианты ответов, внешне близкие к правильному решению) должны учитывать характерные, возможные ошибки учеников.

2) Достаточно часто в сетке ответов содержатся ответы, которые противоречат здравому смыслу. Отбрасывание данных ответов тестирующим может трактоваться как наличие определенных знаний, интуиции приобретенной в процессе обучения.

3) Ответы могут быть подобраны и таким образом, что все ответы являются правильными, но только – частично! И лишь один ответ является полным, а, следовательно, и правильным. Обычно такая сетка ответов конструируется при проверке теоретической базы знаний.

Таким образом, важно выработать умение обучающихся анализировать варианты ответов при выполнении тестовых заданий открытого типа, исключать заведомо неверные. При этом можно руководствоваться оценкой достоверности, правдоподобности ответа, использовать метод проверки размерности, проверяя полученную расчетную формулу и т.д.

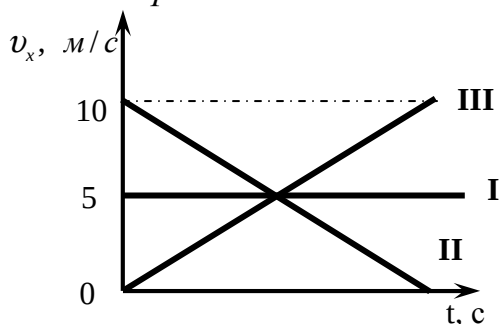
Каковы же отличия в подходах к решению тестовых заданий от традиционно использующихся задач по физике? Очевидно, что принципиальных различий нет. Все известные методы и приемы решения физических задач можно успешно использовать при выполнении тестовых заданий, поскольку большинство из них и представляют разнообразные задачи. При выполнении контрольных работ, состоящих из тестов, в от-

личие от традиционных работ существенным оказывается то, что задание считается решенным только при правильном получении и записи конечного ответа. При выполнении традиционной работы, решенная задача могла быть зачтена частично, даже при наличии ошибок в решении и получении неверного числового ответа. Даже при незначительной ошибке при выполнении тестового задания, например при неверном округлении полученного результата, задание считается нерешенным. Очень часто такого рода ошибки допускаются из-за невнимательности. Так, например, в билетах ЕГЭ указано, что необходимо принять $g = 10 \text{ м/с}^2$. Принимая $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ многие абитуриенты получали неверные результаты и как следствие – 0 баллов за задание.

Существенным при выполнении проверочных тестовых работ является, то, что время на их выполнение жестко регламентировано. Чем больше времени испытуемый затрачивает на выполнение данного конкретного задания, тем меньше времени остается на выполнение других заданий, и естественно уменьшаются шансы набрать высокий суммарный балл за работу. С большей степенью вероятности высокий суммарный балл наберет ученик, овладевший совокупностью методов и приемов решения задач по физике, включая нестандартные методы решения.

Рассмотрим приведенный В.И. Регельманом [57] пример.

Пример 31. *Определить, в каком соотношении между собой находятся проекции перемещения тел, графики зависимости проекций скоростей от времени которых показаны на рисунке 16, в момент времени, когда скорости тел одинаковы?*



- A) $S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 1 : 2 : 3$;
- B) $S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 1 : 3 : 2$;
- C) $S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 3 : 1 : 2$;
- D) $S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 3 : 2 : 1$;
- E) *Нельзя определить.*

Рис. 16. К примеру 31

Очевидно, что к моменту времени t_0 проекции скоростей у всех трех тел одинаковы и равны 5 м/с. Возможны два формальных метода решения.

1) По заданному графику с использованием формулы $a_x = \frac{v_{2x} - v_{1x}}{t_2 - t_1}$ рассчитаем проекцию ускорения второго и третьего тел:

$a_{2x} = \frac{5-10}{t_0-0} = \frac{5}{t_0}$; $a_{3x} = \frac{5-10}{t_0-0} = \frac{5}{t_0}$. Тогда соответствующие проекции перемещения могут быть найдены по формулам:
 $s_{3x} = v_{0x}t + \frac{a_{1x}t^2}{2} = \frac{5t_0}{2}$; $s_{2x} = v_{0x}t + \frac{a_{1x}t^2}{2} = \frac{5t_0}{2} = \frac{15t_0}{2} = \frac{3 \cdot 5 \cdot t_0}{2}$; $s_{1x} = v_{0x}t = 5t_0 = \frac{2 \cdot 5t_0}{2}$.

Следовательно, правильный ответ **В**.

2) Другим методом решения, является решение, основанное на использовании формулы: $s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t$.

Решение, основанное на применение данной формулы, естественно приводит к тому же результату, но уменьшает число промежуточных вычислений, что приводит к уменьшению времени выполнения данного теста.

3) К нестандартному методу решения, можно отнести метод решения, который основывается на понимании учащимся, что площадь под графиком проекции скорости определяет проекцию перемещения. Замечая, что образовавшиеся треугольники, обозначенные на рисунке 17 как

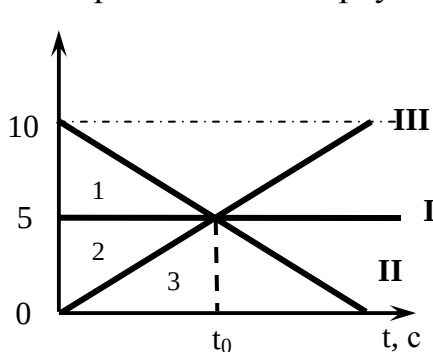


Рис. 17. К примеру 31

1, 2, и 3 имеют одинаковые площади, получаем что: $S_{3x} = 1 \cdot S_{\Delta}$; $S_{2x} = 3 \cdot S_{\Delta}$;

$$S_{1x} = 2 \cdot S_{\Delta} \Rightarrow S_{3x} : S_{2x} : S_{1x} = 1:3:2.$$

Очевидно, что данный метод решения не требует промежуточных вычислений и соответственно затраты времени будут наименьшими. Естественно, что такой метод решения, а тем самым и способ мышления является наиболее предпочтительным.

В настоящее время среди «узких» мест в обучении физики отмечается акцент в практике преподавания на решение расчетных задач при недостаточном внимании к задачам, в которых используются рисунки, графики, таблицы, схемы, диаграммы и т.д.

Анализ результатов ЦТ и ЕГЭ указывает на существенные недостатки знаний и умений выпускников средней школы, которые переносятся в дальнейшем и на обучение в вузе. Среди данных недостатков [40, 55 и др.]:

- непонимание существа применяемых формул;
- неумение применять знания и умения в измененной и новой ситуациях;
- неумение оценивать реальность полученных результатов;
- недостаток сформированности вычислительных навыков и умений;

– недостаточность в сформированности общеучебных умений (умение анализировать графики, рисунки, табличные данные) и т.д.

При подготовке учащихся к итоговой аттестации рекомендуется уделить внимание развитию таких умений школьников, как:

1) приводить примеры опытов, обосновывающих научные представления и законы, или примеры опытов, позволяющих проверить законы и их следствия; называть фундаментальные эксперименты, оказавшие большое внимание на развитие физики, и имена ученых, их осуществивших;

2) применять содержательный смысл физических понятий, величин, законов для анализа физических явлений и процессов;

3) объяснять физические явления и процессы;

4) делать выводы на основе экспериментальных данных, представленных таблицей, графиком, диаграммой, схемой, фотографией и т.п.;

5) применять законы физики для анализа процессов на качественном и расчетном уровнях;

6) описывать преобразования энергии в физических явлениях и технических устройствах;

7) иллюстрировать роль физики в создании и совершенствовании технических объектов, владеть понятиями и представлениями, связанными с жизнедеятельностью человека;

8) указывать границы (область, условия) применимости научных моделей, законов и теорий;

9) выдвигать гипотезы о связи физических величин;

10) проводить расчеты, используя сведения, получаемые из графиков, таблиц, схем, фотографий;

11) проводить измерения физических величин, используя рисунки, схемы, фотографии экспериментальных установок.

Эти требования и определяет разнообразие содержания и форм ЕГЭ. Задания могут быть качественными, графическими, экспериментальными, расчетными, с открытым или закрытым ответом. Исходные данные в тестовых заданиях могут быть представлены не только в привычной – словесной форме, но и в виде схем и рисунков, таблиц и графиков. Непривычность формулировок тестовых заданий вызывает серьезные затруднения при их выполнении, как у учащихся, так и у студентов. Поэтому рекомендуется в процессе обучения не ограничиваться репродуктивным уровнем запоминания и воспроизведения формул и решением традиционных расчетных задач, а разнообразить формы тренировочных и контрольных заданий.

1.6. Методические рекомендации по организации деятельности по решению физических задач

Успех обучения решению задач по физике существенно зависит от применяемой преподавателем методики обучения. В настоящее время имеется большое количество разработок в данной области, успешно используются авторские методики обучения решению задач по физике. Однако проблема овладения, как учащимися, так и в дальнейшем – студентами умениями решать физические задачи остается традиционной проблемой физического образования. Результаты обучения решению физических задач в настоящее время оказываются не высокими, что подтверждается многочисленными исследованиями, результатами ЦТ, ЕГЭ, вступительных экзаменов в вузы.

Рассматривая состояние методики формирования умений решать задачи в теории и практике обучения физике, А.В. Усова и А.А. Бобров выделяют три основных способа обучения решению задач [73].

Первый способ (традиционный) состоит из следующих элементов:

1. Объяснение учителем подхода к решению задач данного вида; иллюстрация решения одной или двух конкретных задач.
2. Коллективное решение задач, при котором выделенный подход обсуждается со всем классом. Один учащийся решает задачу у доски, а все остальные списывают решение; при этом лишь немногие пытаются решить предлагаемые задачи самостоятельно.
3. Самостоятельное решение задач в связи с выполнением домашних заданий.
4. Самостоятельное решение задач в связи с выполнением контрольных работ.

Второй способ включает два новых элемента: полусамостоятельное и самостоятельное решение задач. Процесс обучения при этом ведется по следующей схеме:

1. Раскрытие учителем общего подхода к решению задач данного вида на примере решения одной – двух частных задач.
2. Коллективное решение небольшого количества задач с использованием общего подхода.
3. Полусамостоятельное решение задач с учетом коллективного анализа их условий и решения, а также самостоятельной работы по реализации намеченного плана.
4. Самостоятельное решение задач, включающее самостоятельный анализ условия, его краткую запись, разработку плана решения, его реализацию, анализ ответа, проверку правильности решения.

5. Самостоятельная работа по решению задач в связи с выполнением домашних заданий.

6. Самостоятельное решение задач в связи с выполнением контрольных работ.

Третий способ (алгоритмический)

1. Коллективное решение задач, относящихся к данному классу (множеству) задач.

2. Выдвижение проблемы отыскания общего метода решения задач данного класса.

3. Отыскание учащимися (под руководством учителя) общего метода решения задач данного класса, «создание» алгоритма решения задач.

4. Усвоение структуры алгоритма и отдельных операций, из которых складывается решение, в процессе коллективного решения задач.

5. Самостоятельное решение задач, включающее самостоятельный анализ условия, выбор способа краткой записи его, применение найденного алгоритма решения к конкретной ситуации, анализ и проверка полученного решения.

6. Самостоятельная работа по решению задач в связи с выполнением домашних заданий.

7. Самостоятельная работа по решению задач в связи с выполнением контрольных работ.

В настоящее время становится очевидным, что подготовка учащихся по физике на основе традиционного прорешивания как можно большего числа расчетных задач по определенной теме курса физики не дает должного эффекта, поскольку не направлена на формирование умений, недостающих ученику. На наш взгляд процесс обучения решению физических задач должен быть выстроен на деятельностной основе. Особенностью разработанной авторской методики обучения решению физических задач является то, что учащиеся самостоятельно выстраивают деятельность по решению физических задач на основе индивидуальных возможностей. Диагностика затруднений и обучение несформированным действиям, необходимым для решения задачи, позволяют осуществить индивидуализацию обучения. Данная методика может успешно использоваться и для обучения решению физических задач студентов вузов.

Предлагаемая методика предполагает [54, 55, 56]:

– решение задач по определенной теме как поэтапную самостоятельную деятельность обучающегося;

– решение отдельной задачи по алгоритму, разработанному учащимися совместно с преподавателем для данного типа задач;

- выяснение затруднений в действиях по решению задачи;
- обучение несформированным действиям на основе индивидуального прорешивания задач, предлагаемых учителем (качественных, графических, задач-рисунков, задач на анализ физической ситуации).

Учебная деятельность выстраивается, как и всякая другая так, чтобы ученик понимал ее цель, мог выбрать для себя наиболее приемлемый способ достижения нужного результата (Л.С. Выготский, В.В. Давыдов, А.Н. Леонтьев). Присвоение разработанного учеником способа деятельности происходит через обязательную рефлекссию. Таким образом, построение этапов деятельности по решению задач основано на применении классической схемы деятельности и дополненной Е.А. Румбешта рефлексивной составляющей (мотив – цель – способ достижения цели – результат – оценка – рефлексия) [58]. При этом в процессе учебной деятельности знания становятся не целью обучения, а средством. В то же время знания и умения, или действия обучаемого, в которых эти умения реализуются, должны рассматриваться в единстве, поскольку формирование умственных действий невозможно без соответствующих знаний.

Проблеме формирования умственных действий и приемов посвящены работы психологов П.Я. Гальперина, Ю.Н. Кулюткина, А.М. Матюшкина, Н.А. Менчинской, Н.Ф. Талызиной и др. В этих исследованиях показано, что приемы познавательной деятельности становятся осознанными в результате прохождения сменяющих друг друга этапов. Кроме того, знания и способы деятельности присваиваются в случае их перевода из внутреннего плана во внешний.

Таким образом, структура деятельности по обучению решению физических задач строится поэтапно и содержит следующие этапы: 1) подготовительный (изучение теории); 2) разработки алгоритма для задач данного типа и их решение; 3) диагностики затруднений; 4) обучения несформированным действиям; 5) самостоятельного решения задач; 6) оценочно – рефлексивный (схема 5).

Подготовительный этап мотивирует школьников на решение задач. На данном этапе материал самостоятельно конспектируется учащимися. Обучение написанию конспекта происходит через пробное действие, предъявление результата и корректировку. Способ самостоятельной разработки учащимися конспектов, как наиболее эффективный, выявился в процессе опыта преподавания.

В процессе учебной деятельности в качестве ориентировочных основ действий (ООД) могут использоваться обобщенные планы изучения явлений, опытов, величин, законов, теорий, технических устройств, технологических процессов (рис. 18) разработанные А.В. Усовой [73, С. 36-37].

<u>Физическое явление</u> 1. Признаки явления, по которым оно обнаруживается. 2. Условия, при которых явление протекает. 3. Связь данного явления с другими. 4. Объяснение данного явления на основе научной теории. 5. Примеры проявления явления в природе или использования на практике.	<u>Физическая величина</u> 1. Название физической величины и её условное обозначение. 2. Характеризуемое явление, процесс, свойство. 3. Определение, физический смысл. 4. Формула, связывающая данную величину с другими. 5. Единицы измерения. 6. Способы измерения величины.
<u>Физический закон</u> 1. Словесная формулировка закона. 2. Математическое выражение закона. 3. Условия применимости закона. 4. Опыты, подтверждающие справедливость закона. 5. Примеры применения закона на практике.	<u>Физическая теория</u> 1. Опытное обоснование теории. 2. Основные положения, законы, понятия, принципы в теории. 3. Границы применимости теории. 4. Основные следствия теории. 5. Практическое применение теории.

Рис. 18. Обобщенные планы изучения

При написании конспекта учащимися можно рекомендовать три способа систематизации и обобщения учебного материала: 1) текст, написанный по плану в виде тезисов; 2) систематизация и обобщение в виде таблиц; 3) систематизация и обобщение в виде схем.

На этапе разработки алгоритма для задач данного типа и этапе их решения на основе пробного действия по решению задач определенного типа, учениками самостоятельно выявляется последовательность хода решения, что в итоге приводит к выявлению алгоритма решения. Деятельность учителя состоит в обсуждении с учениками предложенного алгоритма, его корректировке и уточнении. После чего осуществляется решение задач по разработанному алгоритму с применением действий по решению задач, которые были предварительно сформированы. При этом учитель определяет степень овладения решением задач в целом. Данная, совместная с учащимися работа позволяет в итоге получить детализированную до отдельных логических шагов обобщенную схему решения физических задач (схема 4) уже на завершающем этапе изучения механики с успешным переносом ее в дальнейшем на решение задач по другим разделам физики.

На этапе диагностики, на основе бесед с учащимися, использующихся опросников, преподаватель определяет степень овладения отдельными действиями, необходимыми для решения задачи данного ти-

па. Так около половины учеников испытывают затруднения: в поиске ответа на вопрос: «с чего начать решение задачи?»; в построении хода решения; в отыскании нужных законов, формул, привлечении дополнительной информации. Более трети учеников – с изображением рисунка, схемы; с перекодировкой формул с учетом введенных обозначений физических величин; с математическими преобразованиями.

Данный этап по мере освоения действий, необходимых для решения задач определенного типа по данной теме, в последующем может быть исключен.

Выяснение затруднений позволяет учителю организовать деятельность по формированию отдельных действий, необходимых для решения задач данного типа. В этом состоит содержание четвертого этапа. Для взаимообучения школьников решению задач данного типа формируется учебная группа. При этом используются карточки с заданиями, которые могут выполняться индивидуально или группой.

В группе с низким уровнем когнитивной и учебной подготовки учитель использует систему подсказок, наводящих вопросов, а иногда и подробное поэлементное объяснение решения конкретных физических задач.

На основе результатов диагностики выявляются ученики, обладающие определенными навыками и умениями по решению данного типа задач, которые объединяются с учениками, не обладающими или обладающими недостаточными умениями, для их обучения.

После этого осуществляется пятый этап деятельности по решению задач. Организуется работа в группах по самостоятельному решению аналогичных задач или их индивидуальное решение.

На оценочно-рефлексивном этапе происходит обобщение опыта приобретения умений, необходимых для решения задач данного типа, оценка и самооценка степени сформированности обобщенного умения решать задачи данного типа. При этом применяются разработанные задания, анкеты, контрольно-рефлексивные листы. На данном этапе происходит присвоение учеником разработанного способа деятельности.

Анкета может включать вопросы, направленные на выяснение трудностей возникающих непосредственно при решении конкретных задач, собственную оценку причин затруднений, а также проектирование дальнейшей работы. Анализируя анкеты, учитель видит динамику процесса обучения решению задач. На заключительном этапе каждого занятия учащиеся заполняют контрольно-рефлексивные листы, в которых они кратко дают оценку собственной деятельности.

Ниже (рис. 19) приведен образец использующегося контрольно-рефлексивного листа.

- 1). Поставить галочку, дав краткие пояснения
 - Я легко решал(а) задачи _____
 - Мне ничего не понятно _____
 - Мне было интересно (почему?) _____
 - Мне было скучно (почему?) _____
- 2). Кратко опишите:
 - испытывали ли Вы затруднения на этапе написания конспекта;
 - на каких этапах решения задачи у Вас возникали трудности;
 - какими действиями по решению задач вы не владеете;
 - каким действиям Вы обучились.
- 3). По десятибалльной шкале дайте самооценку своей деятельности (при подготовке к уроку / на уроке).

Рис. 19. Контрольно-рефлексивный лист

При этом сопоставление информации, отраженной в контрольно-рефлексивных листах с отметками наблюдений и результатов в рабочих картах урока (таблица 4) позволяют отслеживать индивидуально для каждого учащегося динамику его учебных достижений, возникающие в ходе обучения трудности, при необходимости организовать в последующем коррекционную работу.

Таблица 4

Рабочая карта урока

№	Фамилия, имя ученика	ЭТАПЫ				
		Подготови- тельный	Проектно- разработниче- ский	Диагности- ческий	Обучаю- щий	Исполни- ТЕЛЬСКИЙ
1.						
2.						
3.						

В рабочую карту (на каждом этапе) для каждого отдельного ученика (студента) преподаватель в ходе занятия вносит краткие пометки о возникающих у обучающихся трудностях, об их возможных причинах. Может быть разработана система оценивания деятельности учащихся на каждом этапе, например трехбалльная (0 баллов – не справился; 1 – в целом справился, но с помощью подсказок, корректировок преподавателя или товарищей; 2 – справился самостоятельно).

Схема 5. Этапы деятельности по обучению решению физических задач



Предлагаемая методика может быть продемонстрирована на следующем примере.

Тема: *Движение тела, брошенного под углом к горизонту.*

1. При написании конспекта выделено, что движение тела можно представить как суперпозицию двух движений, происходящих одновременно: равномерного и прямолинейного в горизонтальном направлении и движения с ускорением g вдоль вертикали. Конспект содержит описание данной ситуации включающий рисунок траектории с указанием вектора ускорения и векторов скорости в точке начала координат, в произвольной точке траектории и в высшей точке подъема, а также систему уравнений: v_x ; v_y ; v_{0y} ; $x(t)$; $y(t)$; $t_{B3} = t_{ПД} = v_0 \cdot \sin^2 \alpha / 2 \cdot g$; $h_{\max}$; $S_{\max}$; $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. В ходе корректировки конспектов на основе анализа выведенного выражения для дальности полета ($S_{\max} = v_0^2 \sin 2\alpha / g$) установлено, что S будет максимальной при $\alpha = 45^\circ$, отмечено, что рассмотрена ситуация, в которой не учитывается сопротивление воздуха.

2. После корректировки конспекта совместно с учащимися рассматривается типовая задача (нахождение высоты подъема, дальности полета тела). После решения задачи учащиеся в группах составляют свой алгоритм решения задач данного типа. В результате обсуждения разных вариантов, корректировки учителем, принимается окончательный вариант.

3. На данном этапе учащиеся решают задачу по алгоритму (например: *тело брошено под углом α к горизонту со скоростью v_0 . Опреде-*

лить скорость этого тела на высоте h над горизонтом. Зависит ли эта скорость от угла бросания?). На основе наблюдений и высказываний учащихся происходит диагностика – выявление несформированных умений (в данном случае: перекодировка формул применительно к ситуации, описанной в задаче с учетом выбранной системы отсчета, переход от текста к поясняющему рисунку). Отдельные учащиеся обнаруживали непонимание того, что при подъеме тела до высшей точки движение является равнозамедленным и v_y убывает, а v_x не изменяется.

4. При обучении несформированным действиям ученикам предлагается следующее задание (рис. 20). Запишите выражения для v_x и v_y в

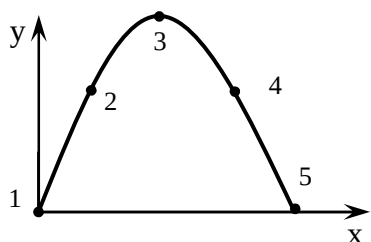


Рис. 20. Траектория движения тела брошенного под углом к горизонту

точках 1 и 5. Изобразить векторы скорости в каждой точке. В какой точке скорость тела максимальна? В какой точке траектории v_x достигает максимума? минимума? v_y достигает максимума? минимума?

Изобразите $\vec{v}_x$ и $\vec{v}_y$ в каждой точке, укажите угол между $\vec{v}$ и $\vec{v}_x$ в каждой точке введя при необходимости их обозначения. Укажите знак проекции $\vec{v}$; $\vec{v}_x$; $\vec{v}_y$ ($\vec{v}_{y0}$) на оси x и y .

После работы с рисунком учащиеся хорошо понимают как меняются v_x , v_y в разных точках траектории. Для закрепления данных умений учащимся предлагается решить следующую задачу: *Под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту брошено тело с начальной скоростью 20 м/с. Через сколько времени оно будет двигаться под углом $\beta = 45^\circ$ к горизонту?*

В дальнейшем процесс решения задач по данной теме происходит успешно, что подтверждается результатами групповой и индивидуальной работы, выполнением домашних заданий.

5. На данном этапе решается серия задач по разработанному и откорректированному алгоритму. Поскольку затруднения учащихся устранены процесс решения задач идет достаточно успешно. В некоторых случаях для интенсификации процесса решения задач организуются группы по взаимообучению. Учитель отслеживает процесс решения задач, определяя количество необходимых для решения задач по данной теме.

6. На оценочно-рефлексивном этапе учащиеся показывают степень овладения умениями решать задачи по данной теме. Для проведения оценки и рефлексии используются рабочие карты урока и контрольно-рефлексивные листы.

В дальнейшем работа с учащимися старших классов, студентами показала, что обучение решению физических задач происходит более эффективно, если осуществляется параллельно с обучением конструированию задач во взаимодействии и взаимовлиянии этих способов деятельности. Деятельность по конструированию физических задач может быть организована при работе в группах непосредственно во время занятия с последующим обсуждением, анализом результатов и совместной коррекцией, а также в качестве самостоятельной работы дома. Важно придать этой работе системный характер, найти оптимально сочетание ее с другими формами и методами обучения.

Опираясь на методические разработки в этой области [18, 34] и собственный педагогический опыт [53] рекомендуем систему упражнений для организации деятельности учащихся и студентов по конструированию физических задач (таблица 5).

Таблица 5

Система упражнений по конструированию физических задач

Название упражнения	Цели упражнения	Содержание деятельности ученика
1. Синтез по жесткому образцу	Научить внимательно относиться к каждому слову условия задачи. Освоить стилистику условия задачи как особого жанра.	Подчеркивает все слова (цифры) в условии задачи, изменение которых влечет за собой изменение ответа. После этого заменяет все (или некоторые) подчеркнутые слова, преобразовывает условие в другое, подобное прежнему.
2. Синтез обратных задач	Углубление понимания задачи.	Изменяет задачу так, что искомая физическая величина (по условию прямой задачи), в условии обратной становится известной. Искомой же величиной становится одна из известных. Возможно создание нескольких вариантов задач.
3. Задание условия рисунком	Формирование навыков различного представления условия задачи.	а) Данное словесно условие представляет рисунком. б) По рисунку составляет словесное условие. в) Придумывает условие, содержащее рисунок. Решает задачу.

Продолжение таблицы 5

4. Задание условия графиком	Обучить графическому представлению физических процессов.	а) Переводит условие содержащие график в текстовое и решает задачу. б) Придумывает аналогичную и обратную задачи.
5. Задание условия таблицей	Научить видеть за каждым конкретным условием широкое «поле» задач.	Преобразовывает условие, частично или полностью представляя его с помощью таблицы.
6. Объединение нескольких задач в одну	Обучить синтезу задач, включающих в себя знания из разных разделов физики; умению вычленивать из сложной задачи простые.	Составляет задачу, объединяя две (или более) простых задач из данного раздела или разных разделов физики.
7. Развитие условия задачи с помощью изменения сюжета	Развитие умений находить аналогию, переходить от абстрактных ситуаций к конкретным и наоборот.	Связывает условие задачи с бытом, техникой, природой, литературным произведением; применяет художественную форму представления задачи.
8. Усложнение условия задачи	Формирование умений анализировать физическую ситуацию задачи; извлекать «скрытые» данные; использовать информацию из справочников.	Использует приемы: – изменение начальных данных; – введение в условие соотношений между величинами; – «маскировка» данных; – переход от дискретных параметров к непрерывным и наоборот; – переход от постоянных параметров к переменным и наоборот; – учет технических и природных ограничений и т. д.
9. Преобразование задачи в тестовое задание открытого типа	Формирование умений изменять структуру условия задачи; качественно и количественно оценивать результат решения; прогнозировать и анализировать возможные ошибки.	Преобразовывает условие задачи в тестовое задание; подбирает дистракторы (неверные варианты ответов, внешне близкие к правильному решению) на основе анализа возможных ошибок в решении.

В процессе организации самостоятельной работы по конструированию задач на определенную тему большое значение имеет поиск и подбор интересной информации. Перспективными в поиске такой информации являются различные литературные источники, ИНТЕРНЕТ, наблюдения за разными явлениями и процессами (в быту, на прогулке, экскурсии).

Глава 2. Актуализация знаний по элементарной математике и физике для решения задач

2.1. Математические основы элементарной физики. Физические величины, способы измерения физических величин

На основе многолетней практики по решению физических задач с учащимися старших классов, слушателями подготовительных курсов, студентами младших курсов технического вуза, установлено, что процесс решения задач учащимися затруднен вследствие недостатка математических знаний и некоторых умений, формируемых при изучении физики в младших классах. Что касается математики, то можно констатировать, что учащиеся плохо представляют себе функциональные зависимости (прямая и обратная пропорциональность), не умеют работать со степенями, испытывают затруднения в выражении неизвестной величины из представленной формулы. Из физических умений недостаточно сформированы умения пользоваться простейшими приборами при выполнении эксперимента. Эти умения нужны при решении экспериментальных задач. Кроме того, многие учащиеся испытывают трудности в решении задач, так как в свое время не научились анализировать ситуацию, описанную в условии задачи. Поэтому, приступая с учащимися к решению задач, необходимо проверить и восстановить данные умения на основе рекомендуемых заданий.

2.1. Что такое формула?

2.2. Какие величины называют переменными? Постоянными?

2.3. В каком случае две переменные величины прямопропорциональны?

2.4. В каком случае две переменные величины обратно пропорциональны одна другой?

2.5. Напишите формулы ($y_1 = kx_1$; $y_2 = kx_2$; $x_1 = ky_1$; $x_2 = ky_2$), выражающие зависимость между переменными согласно таблице 6.

Таблица 6

К задаче 2.5

x_1	1	2	3	20	30
y_1	3	6	9	60	90
x_2	2	4	6	48	56
y_2	1	2	3	24	28

2.6. Определить цену деления мензурки изображенной на рисунке 21.

1) 4мл/дел; 2) 0,5мл/дел; 3) 2мл/дел; 4) 1мл/дел.

2.7. Определить цену деления мензурки изображенной на рисунке 22.

- 1) 50мл/дел; 2) $10\text{см}^3/\text{дел}$; 3) $0,5\text{см}^3/\text{дел}$; 4) $0,01\text{см}^3/\text{дел}$.

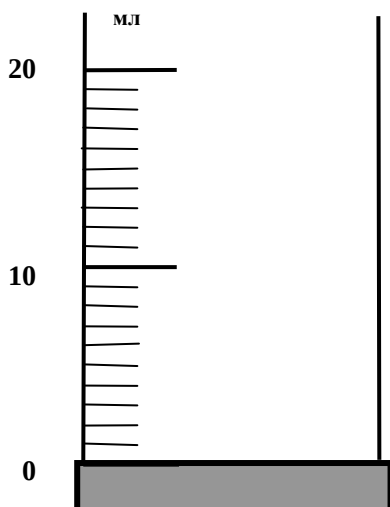


Рис. 21. К задаче 2.6

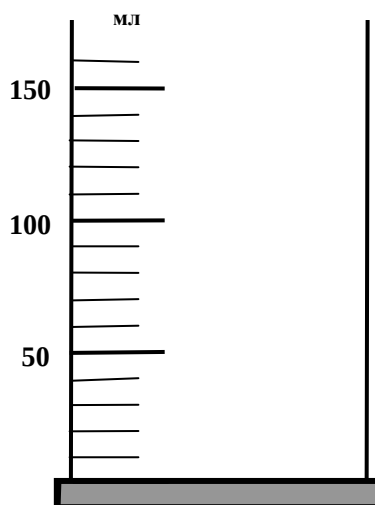


Рис. 22. К задаче 2.7

2.8. Какие из нижеприведенных ответов, соответствуют цене деления линейки, изображенной на рисунке 23?

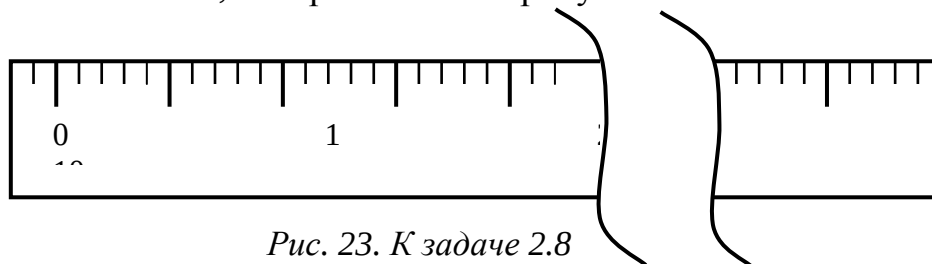


Рис. 23. К задаче 2.8

- I. 0,01 дм;
II. 0,1 см;
III. 10 мм;
IV. 1 см.

- 1) Только I; 2) Только II; 3) I и II; 4) III и IV.

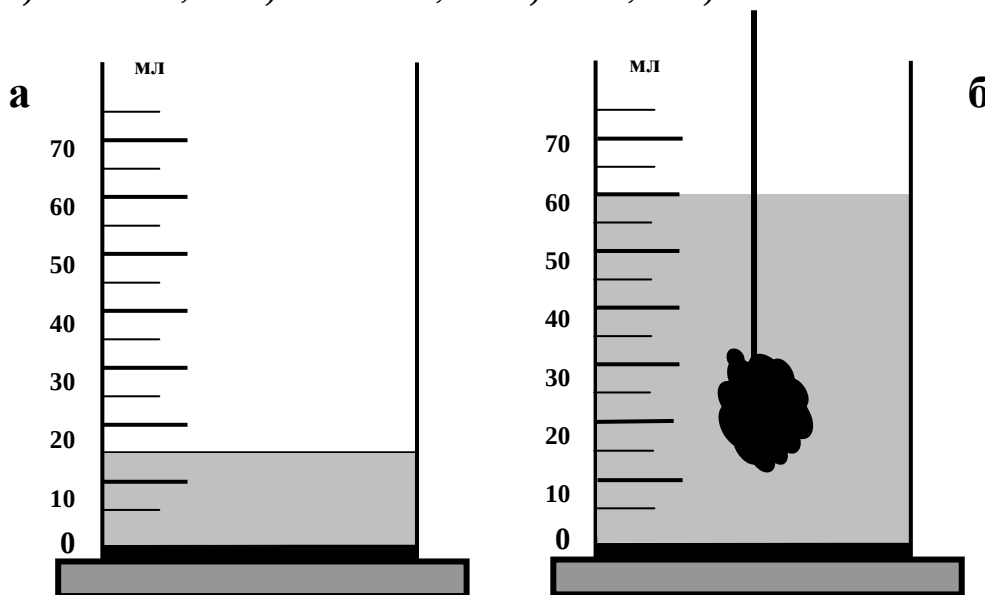


Рис. 24. К задаче 2.9

2.9. В мензурку (рисунок 24, а) налита жидкость. Определить объем тела, опущенного в мензурку, если уровень жидкости установился так, как показано на рисунке 24, б.

1) $0,045\text{м}^3$; 2) $0,45\text{см}^3$; 3) 450мм^3 ; 4) 45см^3 .

2.10. Какие из нижеприведенных (рис. 25) мензурок имеют цену деления 5мл/дел?

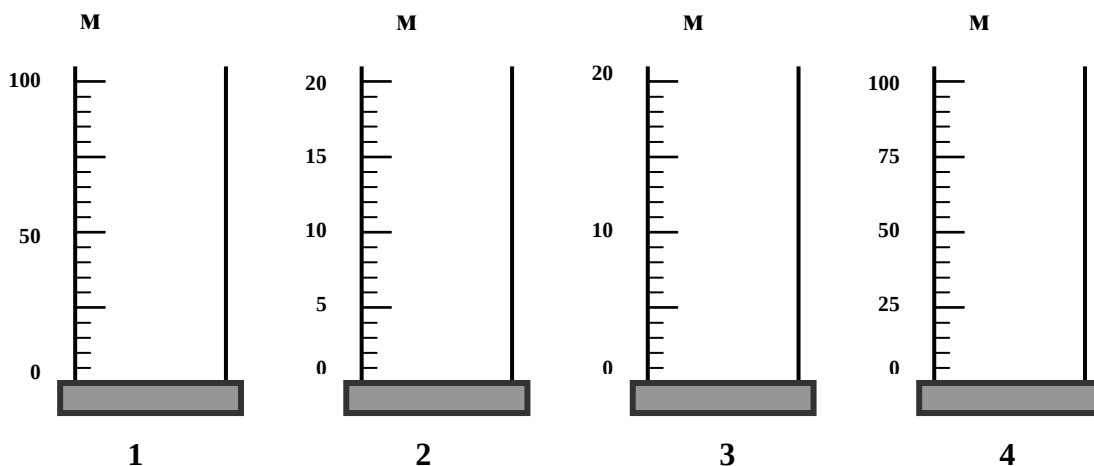


Рис. 25. К задаче 2.10

1) 1 и 2; 2) 2 и 4; 3) 1 и 4; 4) 2 и 3.

2.11. Какие из нижеприведенных утверждений не справедливы, для мензурки изображенной на рисунке 26?

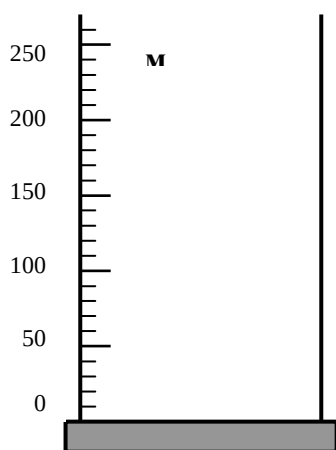
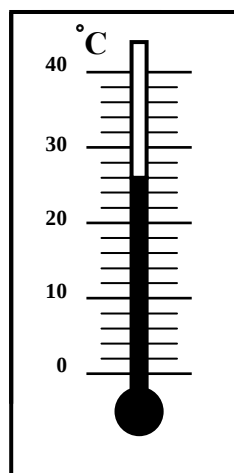


Рис. 26. К задаче 2.11

- 1) Цена деления мензурки 10 мл/дел
- 2) Цена деления мензурки 25 мл/дел
- 3) Нижний предел измерения 50 мл
- 4) Максимальный объем жидкости, измеренной данной мензуркой 0,25л

1) 2 и 3; 2) 1; 3) 1 и 3; 4) 2, 3 и 4.

2.12. Какова цена деления термометра изображенного на рисунке 27?



- 1) 1°;
- 2) 2°;
- 3) 2,5°;
- 4) 0,5°.

Рис. 27. К задаче 2.12

2.13. Какие из нижеприведенных термометров (рис. 28) показывают одинаковую температуру?

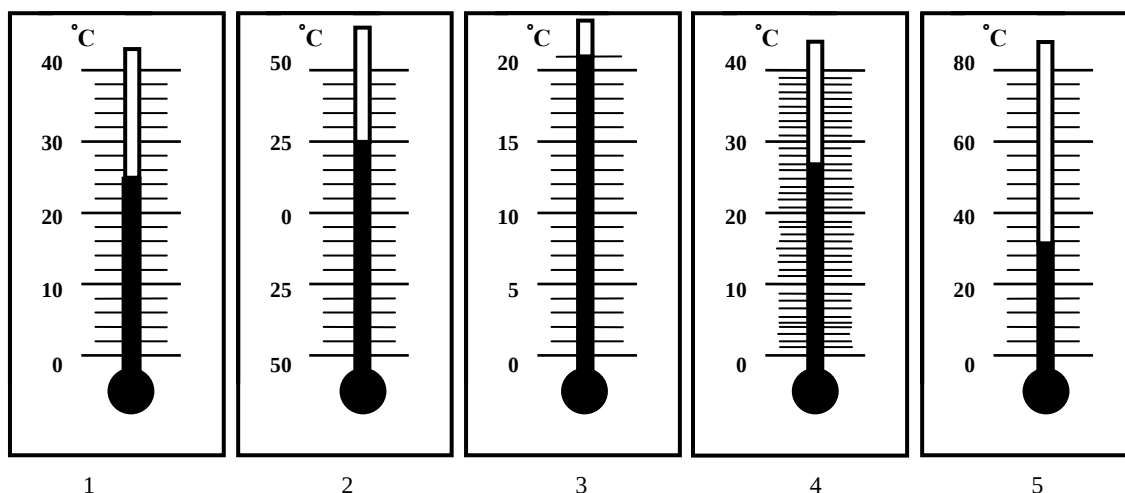


Рис. 28. К задаче 2.13

- 1) 1 и 2;
 - 2) 4 и 5;
 - 3) 1 и 3;
 - 4) 1, 2 и 5.
- 2.14. Во сколько раз объем жидкости налитой в мензурку, изображенной на рисунке 29, а, отличается от объема жидкости налитой в мензурку, изображенной на рисунке 29, б?
- 1) В три раза больше;
 - 2) В три раза меньше;
 - 3) В 300 раз больше;
 - 4) В 3000 раз больше.
- 2.15. На рисунке 30 приведены три секундомера. Расположить их в порядке уменьшения точности измерения.

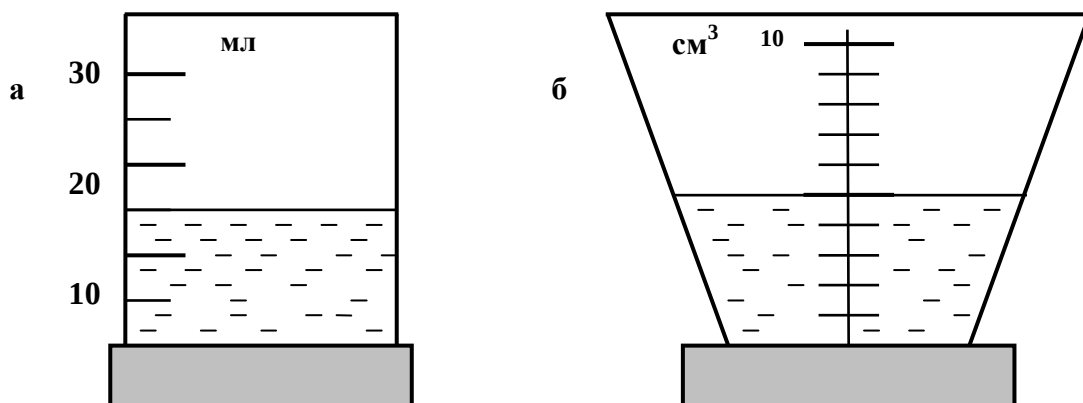


Рис. 29. К задаче 2.14

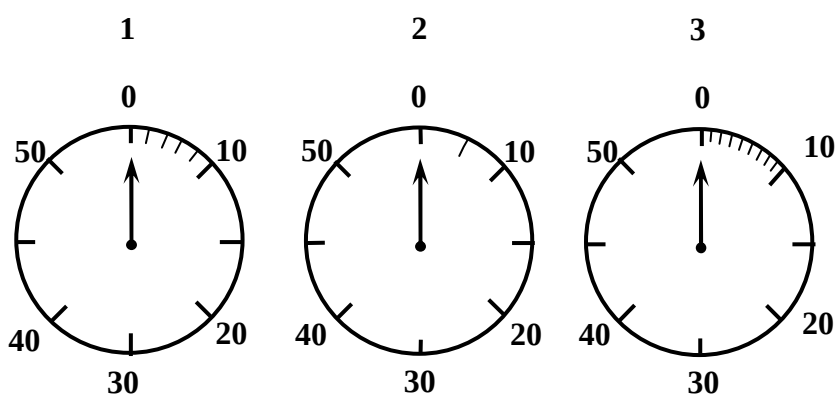


Рис. 30. К задаче 2.15

- 1) 3, 2, 1; 2) 1, 2, 3; 3) 3, 1, 2; 4) 2, 1, 3.
- 2.16. На рисунке 31 изображены три термометра, опущенных в различные жидкости. Какая из нижеприведенных таблиц справедлива?

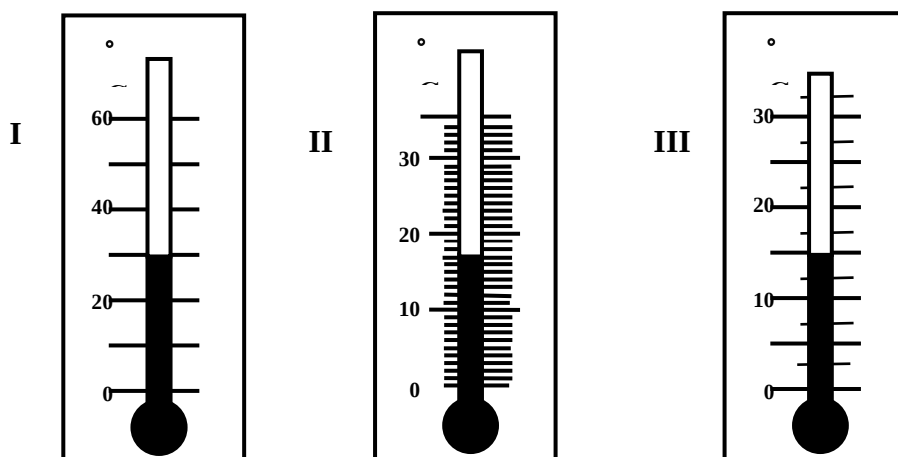


Рис. 31. К задаче 2.16

1.	№ термометра	Цена деления	Показания термометра
	I	10°	25°
	II	1°	15°
	III	5°	15°

2.	№ термометра	Цена деления	Показания термометра
	I	5°	25°
	II	1°	17°
	III	2,5°	15°

3.	№ термометра	Цена деления	Показания термометра
	I	10°	30°
	II	1°	17°
	III	2,5°	15°

4.	№ термометра	Цена деления	Показания термометра
	I	10°	30°
	II	1°	17°
	III	5°	15°

2.17. Среднее расстояние от Земли до Солнца 149 600 000 км. Выразить расстояние в метрах, представив числовое значение в стандартном виде.

2.18. Сколько секунд в году, если принять, что 1 год = 365,5сут? Представить числовое значение в стандартном виде.

2.19. Округлите представленные ниже (а–г) числа до: 1) сотых; 2) десятых

а) 7,892; б) 1,3336; в) 275,556; г) 16,109.

2.20. Без использования калькулятора рассчитать:

а) $\frac{2}{10^{-2}}$; б) $\frac{8 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-8}}$; в) $2 \cdot (7 \cdot 10^5)^2$; г) $\frac{10^3 \cdot 0,001 \cdot 2 \cdot 10^0}{5 \cdot (10^{-2})^2}$.

2.21. Через введенные на рисунке 32 обозначения выразите:

а) синус угла α ; б) косинус угла α ;
 в) тангенс угла α ; г) котангенс угла α ;
 д) синус угла β ; е) косинус угла β ;
 ж) тангенс угла β ; з) котангенс угла β .

2.22. Если цена бензина 18 рублей за литр, сколько будет стоить 1 м³ бензина?

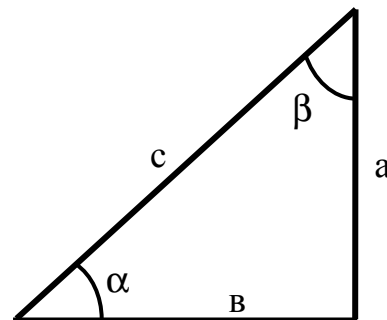


Рис. 32. К задаче 2.21

- 2.23. Какова масса каждого из следующих количеств воды: 10 см^3 ; 10 м^3 ; 10 л ?
- 2.24. Расположить объемы ртути, нефти, воды, массы которых один килограмм в возрастающем порядке.
- 1) Ртуть, вода, нефть;
 - 2) Нефть, вода, ртуть;
 - 3) Нефть, ртуть, вода;
 - 4) Вода, нефть, ртуть.
- 2.25. В сосуд налили 5 л воды. Чему равна масса сосуда с водой?
- 1) 5 кг;
 - 2) 0,5 кг;
 - 3) Нельзя определить;
 - 4) 50 кг .
- 2.26. Заполните таблицу 7.

Таблица 7

К задаче 2.26

№	Название физической величины	Буквенное обозначение	Единица СИ (основная)
1.	Путь		
2.	Время		
3.	Скорость		
4.	Ускорение		
5.	Масса		
6.	Сила		
7.	Вес		
8.	Давление		
9.	Плотность		
10.	Площадь		
11.	Объем		
12.	Коэффициент трения		
13.	Период		
14.	Работа		
15.	Мощность		

- 2.27. Какие из представленных в таблице № 7 физических величин являются векторными?
- 2.28. Заполните таблицу 8.

Таблица 8

К задаче 2.28

1.	25 см	м	16.	720 км/ч	м/с
2.	1,5 км	м	17.	250 м/с	км/ч
3.	$0,3 \text{ см}^2$	м^2	18.	10800 м/мин	м/с
4.	7 мм^3	м^3	19.	180°	рад

5.	2,5 см ²	мм ²	20.	300 об/мин	об/с
6.	8 м ³	мм ³	21.	10 л.с.	Вт
7.	1,5 л	м ³	22.	10 кВт·ч	Дж
8.	0,02 м ³	л	23.	2 атм	≈ Па
9.	0,2 кг	г	24.	380 мм.рт.ст.	≈ Па
10.	150 г	кг	25.	0,5 Н/см ²	Н/м ²
11.	55 мг	кг	26.	0,47 кН/см ²	Н/м ²
12.	40 мин	с	27.	20 г/см ³	кг/м ³
13.	2,5 ч	с	28.	5 г/мм ³	кг/м ³
14.	1800 с	ч	29.	11 т/м ³	кг/м ³
15.	1 сут	с	30.	750 кг/дм ³	кг/м ³

2.29. Без использования калькулятора рассчитать:

- Длину окружности радиусом 1 м;
- Площадь прямоугольника со сторонами 1 м и 2 м;
- Объем куба с ребром, имеющим длину 2 м;
- Площадь круга радиусом 1 м;
- Площадь полусферы с радиусом 1 м;
- Объем шара радиусом 1 м;
- Объем цилиндра высотой 1 м и радиусом 1 м.

2.30. Какие из перечисленных ниже единиц не являются основными в Международной системе?

- а) метр; б) килограмм; в) ньютон; г) кандела.
- а) секунда; б) ватт; в) ампер; г) радиан.
- а) 1 К; б) 1 м; в) 1 Тл; г) 1 с.
- а) 1 мин; б) 1 А; в) 1 моль; в) 1 рад.

2.31. Вычислите примерный объем Земли в кубических метрах.

2.32. Найти сумму векторов (вектор $\vec{D}$) изображенных на рисунке 33.

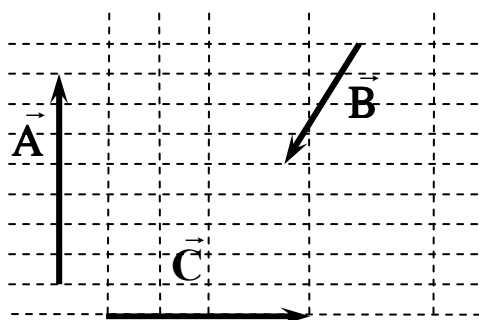


Рис. 33. К задаче 2.32

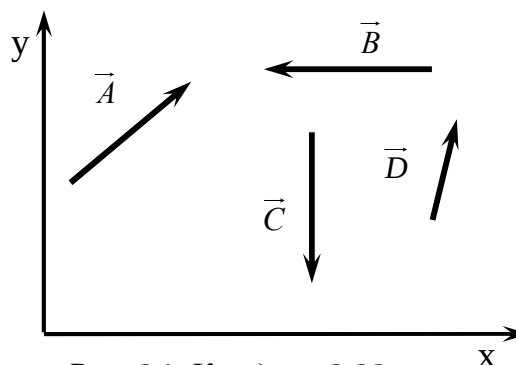


Рис. 34. К задаче 2.33

2.33. Для проекций векторов изображенных на рис. 34 вставьте пропущенные знаки ($>$, $<$, $=$):

- 1) $A_x _ 0$; 2) $A_y _ 0$; 3) $B_x _ 0$; 4) $B_y _ 0$;
 5) $C_x _ 0$; 6) $C_y _ 0$; 7) $D_x _ 0$; 8) $D_y _ 0$

2.34. Определите знак и модуль проекции векторов (рисунок 35).

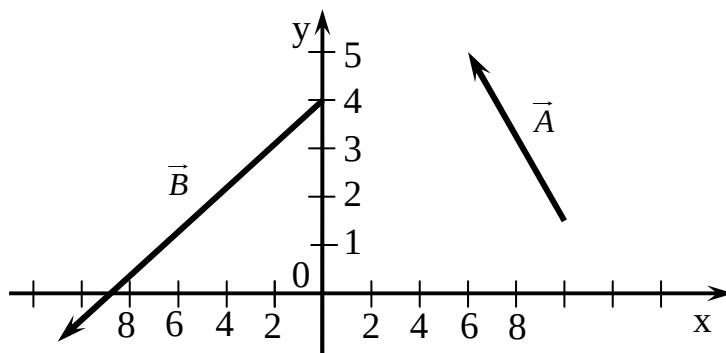


Рис. 35. К задаче 2.34

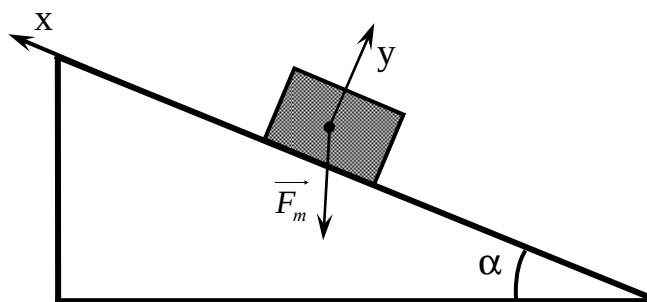


Рис. 36. К задаче 2.35

2.35. Используя рисунок 36, найдите проекцию силы $\vec{F}_m$ на оси X и Y.

2.36. Какова масса 2 см^3 свинца? 10 см^3 парафина?

2.37. Бак имеет длину 180 см, ширину 120 см, высоту 150 см. Сколько килограммов воды может вместить этот бак?

2.38. Масса куска металла 65 кг, объем 10 дм^3 . Какова его плотность?

2.39. Найдите массу пластинки золота длиной 8 см, шириной 4 см, толщиной 2 см, если золото в 19,3 раза плотнее воды.

2.40. Цистерна вмещает 2000 кг воды. Можно ли налить в эту цистерну $2,5 \text{ м}^3$ бензина?

2.41. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 37), соответствует зависимости плотности однородного тела, от массы этого тела при постоянной плотности?

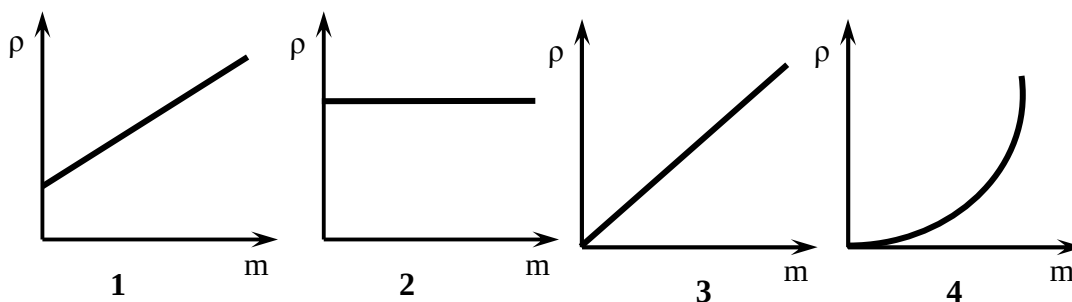


Рис. 37. К задаче 2.41

2.42. Определить высоту гранитной колонны массой 2,5 т и площадью основания $0,2 \text{ м}^2$.

- 1) 5 см; 2) 0,5 м; 3) 5 м; 4) 15 м.

2.43. Для нормальной жизнедеятельности человека ему необходимо 650 л кислорода в сутки. Какова примерно масса кислорода необходимая человеку в один час?

- 1) 760 г; 2) 27 г; 3) 0,3 кг; 4) 3 г.

2.44. Какое количество кирпичей, объемом $19,5 \text{ см}^3$ можно перевезти в машине, грузоподъемностью 40 т?

- 1) 1139600 штук; 2) 113960 штук; 3) 40000 штук; 4) Количество кирпичей не должно превышать 1139600 штук.

2.45. В мензурку, изображенную на рисунке 38, а налита вода, а в мензурку изображенную на рисунке 38, б налита жидкость той же массы. Используя приведенную информацию определить, какая жидкость налита в мензурку, изображенную на втором рисунке?

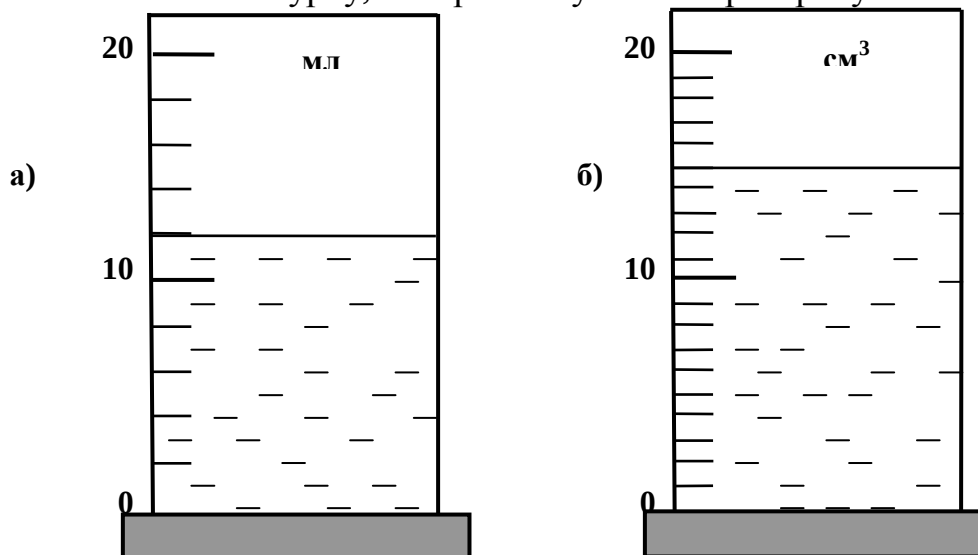


Рис. 38. К задаче 2.45

- 1) ртуть; 2) вода; 3) нефть; 4) керосин.

2.46. В сосуде массой 150 г находится 75 см^3 воды. После того как в сосуд опустили пять одинаковых тел, масса системы стала 310 г. Оп-

ределить объем каждого тела, если их плотность равна 4 г/см^3 . Жидкость из сосуда не выливается.

- 1) $4,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; 2) $4,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$; 3) $6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$; 4) $6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$.

2.47. Во сколько раз отличаются плотности тел, опущенных в мензурки (рис. 39), если масса тела опущенного в первую мензурку в три раза меньше массы тела опущенного во вторую мензурку? (Уровни воды в мензурках до погружения тел были одинаковы).

- 1) Плотности тел одинаковы.
2) Плотность первого тела в 1,5 раза больше второго.
3) Плотность первого тела в 3 раза больше второго.
4) Плотность первого тела в 3 раза меньше второго.

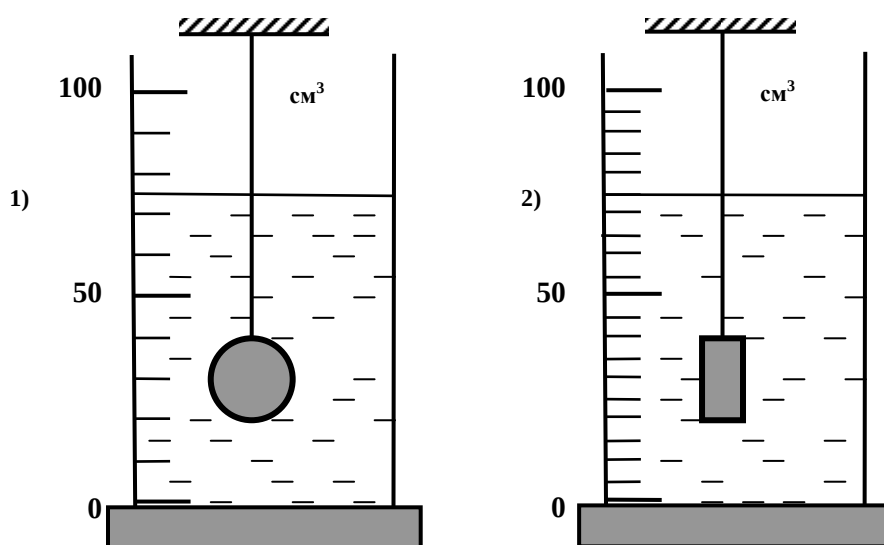


Рис. 39. К задаче 2.47

2.48. Гипсовые строительные плиты обычно изготавливаются с внутренними полостями. Определить объем такой полости в плите массой $4,5 \text{ кг}$ и внешним объемом 4200 см^3 .

- 1) $7,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$; 2) $7,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$; 3) $3,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$; 4) $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

2.49. Масса канистры, полностью заполненной бензином равна 17 кг . Та же канистра, заполненная водой, имеет массу 23 кг . Какой из нижеприведенных ответов, соответствует массе пустой канистры?

- 1) $2,6 \text{ кг}$; 2) 20 кг ; 3) 3 кг ; 4) 4 кг .

2.50. Средний радиус Солнца равен $690\,000\,000 \text{ м}$. Какие из нижеприведенных величин не соответствуют данному значению?

- I. 69 Мм ; II. 690 Мм ; III. $69 \cdot 10^3 \text{ км}$; IV. $69 \cdot 10^4 \text{ км}$; V. $6,9 \cdot 10^{-6} \text{ км}$.
1) II и IV; 2) II и III; 3) II; IV и V; 4) I; III и V.

2.51. Средняя масса Земли составляет $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$. Какие из нижеприведенных величин соответствуют данному значению?

- I. $6 \cdot 10^{21}$ мг; II. $6 \cdot 10^{27}$ г; III. $6 \cdot 10^{21}$ т; IV. $6 \cdot 10^{16}$ Мг.
 1) I и IV; 2) II и III; 3) III и IV; 4) I и II.
- 2.52. Средний промежуток времени между приливами и отливами составляет 6 часов. Какие из нижеприведенных величин соответствуют данному значению?
 I. 360 мин; II. 240 мин; III. 216 000 с; IV. 21 600 с.
 1) I и III; 2) III и IV; 3) II и I; 4) I и IV.
- 2.53. Средняя скорость звука в стекле равна 5 000 м/с. Какая из нижеприведенных величин соответствует данному значению?
 1) 50 см/с; 2) 0,5 см/с; 3) 500 000 см/с; 4) 50 000 см/с.
- 2.54. В судоходстве, одной из мер длины часто применяют кабельтовые. Один кабельтовый составляет 185,2 м. Какие из нижеприведенных величин не соответствуют данному значению?
 I. 18 520 см; II. 185 200 см; III. 185 200 мм; IV. 1 852 000 мм.
 1) I и IV; 2) II и III; 3) I и III; 4) II и IV.
- 2.55. Площадь поверхности Земли составляет $510\,000\,000\text{ км}^2$. Какие из нижеприведенных величин не соответствуют данному значению?
 I. $5,10 \cdot 10^{14}\text{ м}^2$; II. $5,10 \cdot 10^{11}\text{ м}^2$; III. $5,10 \cdot 10^8\text{ Мм}^2$; IV. $5,10 \cdot 10^6\text{ см}^2$.
 1) I и III; 2) III и IV; 3) II и IV; 4) I и IV.
- 2.56. Масса электрона, (определенная экспериментально косвенным образом) равна $9,31 \cdot 10^{-31}$ кг. Какое из нижеприведенных величин не соответствует данному значению?
 I. $9,31 \cdot 10^{-22}$ нг; II. $9,31 \cdot 10^{-28}$ нг; III. $9,31 \cdot 10^{-28}$ г; IV. $9,31 \cdot 10^{-25}$ мг.
 1) I; 2) II; 3) III; 4) IV.
- 2.57. В молекулярной и атомной физике часто используют единицу измерения $1\text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ кг. Какая из нижеприведенных величин соответствует данному значению?
 1) $1,66 \cdot 10^{-26}$ г; 2) $1,66 \cdot 10^{-24}$ г; 3) $1,66 \cdot 10^{-25}$ г; 4) $1,66 \cdot 10^{-28}$ г.
- 2.58. В ювелирном деле для выражения масс драгоценных камней и жемчуга используют «карат». Один карат равен 0,2 г. Какие из нижеприведенных утверждений не справедливы?
 I. 1 карат соответствует $2 \cdot 10^{-1}$ г; II. 1 карат соответствует $2 \cdot 10^{-2}$ г;
 III. 1 карат соответствует 200 мг; IV. 1 карат соответствует $2 \cdot 10^{-4}$ мг.
 V. 1 карат соответствует $2 \cdot 10^{-4}$ кг
 1) I, V; 2) II, IV; 3) I, III; 4) III, V.
- 2.59. Один ярд в метрической системе соответствует 0,9144 м. Какая из нижеприведенных величин соответствует данному значению?
 1) 9,144 км; 2) 0,0009144 км; 3) 0,009144 км; 4) 0,09144 км.
- 2.60. Один дюйм соответствует 0,0254 м. Какие из нижеприведенных величин соответствуют данному значению?

- I. $2,54 \cdot 10^{-5}$ км; II. 2,54 см; III. $2,54 \cdot 10^{-7}$ км;
 IV. $2,54 \cdot 10^{-4}$ см; V. 2,54 км.
 1) I, IV; 2) II, V; 3) I, III; 4) I, II.
- 2.61. Средний радиус атома золота $1,44 \cdot 10^{-11}$ м. Какие из нижеприведенных величин соответствуют данному значению?
 I. $1,44 \cdot 10^{-2}$ нм; II. $1,44 \cdot 10^{-6}$ мм; III. $1,44 \cdot 10^{-3}$ нм;
 IV. $1,44 \cdot 10^2$ нм; V. $1,44 \cdot 10^{-5}$ мм.
 1) I и II; 2) II и IV; 3) II и III; 4) I и V.
- 2.62. Время жизни электрона $5 \cdot 10^{21}$ с. Какие из нижеприведенных величин соответствует данному значению?
 I. $5 \cdot 10^{27}$ мкс; II. $5 \cdot 10^{30}$ Мс; III. $5 \cdot 10^{12}$ нс; IV. $5 \cdot 10^{24}$ мс.
 1) I; III; 2) II и IV; 3) I; IV; 4) II; III.
- 2.63. Средняя скорость прохождения крови через человеческое сердце 5 л/с. Какие из нижеприведенных величин не соответствуют данному значению?
 I. $5 \cdot 10^3$ см³/с; II. $5 \cdot 10^{-3}$ м³/с; III. $5 \cdot 10^6$ м³/с; IV. 5 см³/с; V. 5 кг/с.
 1) Все кроме II и V; 2) Все кроме II; 3) I и III; 4) IV и V.
- 2.64. Какое или какие из нижеприведенных соотношений между единицами площади справедливы?
 I. $1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2$; II. $1 \text{ м}^2 = 10^4 \text{ см}^2$;
 III. $1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$; IV. $1 \text{ м}^2 = 10^6 \text{ мм}^2$.
 1) I 2) II и III 3) IV 4) Все приведенные соотношения справедливы.
- 2.65. Средняя площадь аорты кровеносной системы человека $183,76 \text{ мм}^2$. Какие из нижеприведенных соотношений между единицами площади аорты справедливы?
 I. $18376 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$; II. $18376 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$;
 III. $18376 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$; IV. $18376 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2$.
 1) I; 2) II; 3) III; 4) IV.
- 2.66. Какие из нижеприведенных приближений справедливы? Известно, что одна унция равна 28,35 г. Сколько примерно унций содержит 1 кг?
 1) 35,2; 2) 35,3; 3) 35,27; 4) 35,28.
- 2.67. Какое из нижеприведенных приближений справедливо? Известно, что масса Земли составляет $5,976 \cdot 10^{24}$ кг, а масса Солнца $1,99 \cdot 10^{27}$ т. Во сколько примерно раз масса Солнца больше массы Земли?
 1) $33,3 \cdot 10^{51}$; 2) $33,3 \cdot 10^3$; 3) $33,3 \cdot 10^4$; 4) 33,3.
- 2.68. Какое из нижеприведенных приближений справедливо? Известно, что масса Земли составляет $5,976 \cdot 10^{24}$ кг, а масса Луны $7,35 \cdot 10^{23}$ кг. Во сколько примерно раз масса Земли больше массы Луны?

- 1) 8,13; 2) 81,3; 3) 813; 4) 12,3.
- 2.69. Какое из нижеприведенных приближений справедливо? Известно, что полный оборот Земли вокруг Солнца составляет 31 472 009 с. Сколько примерно минут необходимо Земле на полный оборот вокруг Солнца?
- 1) $52,45 \cdot 10^6$ мин; 2) $52,45 \cdot 10^5$ мин;
3) $52,45 \cdot 10^4$ мин; 4) $52,45 \cdot 10^7$ мин.
- 2.70. Какое из нижеприведенных приближений справедливо? Известно, что диаметр атома водорода равен $0,3 \cdot 10^{-10}$ м. Сколько примерно атомов водорода, плотно прилегающих друг к другу и расположенных на одной прямой уложатся на одном сантиметре?
- 1) $3 \cdot 10^8$; 2) $3 \cdot 10^9$; 3) $4 \cdot 10^8$; 4) $0,3 \cdot 10^8$.
- 2.71. Предполагаемый возраст Вселенной $3,2 \cdot 10^{17}$ с. Сколько примерно лет составляет данная величина?
- 1) 10 000 000 000; 2) 10 000 000; 3) $52,5 \cdot 10^{11}$; 4) $52,6 \cdot 10^{11}$.
- 2.72. Объем воды на Земле составляет $1,4 \cdot 10^{21}$ л. Сколько примерно галлонов США составляет этот объем, если один галлон США равен $3,79 \text{ дм}^3$?
- 1) $0,37 \cdot 10^{20}$; 2) $0,4 \cdot 10^{21}$; 3) $0,4 \cdot 10^{24}$; 4) $0,37 \cdot 10^{15}$.
- 2.73. Известно, что площадь поверхности Земли равна $5,10 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$, а площадь водной поверхности $3,61 \cdot 10^8 \text{ км}^2$. Какую примерно часть составляет поверхность суши от всей поверхности Земли?
- 1) 0,29; 2) 3,42; 3) 0,71; 4) 1,41.

2.2. Задания на актуализацию умений проводить анализ физической ситуации

2.74. Что можно определить, если известно что...

- 1) Объем медного шара 20 дм^3 .
- 2) Алюминиевый шар имеет массу 135 г при объеме 50 см^3 .
- 3) Автомобиль проехал 10 км со скоростью 50 км/ч , а затем еще 30 км – со скоростью 60 км/ч .
- 4) Сила тяжести, действующая на железный брусок, равна 1200 Н .

2.75. Проведя анализ представленных ниже фрагментов задач (с учётом скрытых данных) перейти на физический язык, сделав краткие записи условий.

- 1) Автомобиль массой 2 т затормозил и остановился, пройдя путь 50 м .
- 2) Медный шарик радиус, которого 2 см сталкивается со свинцовым шариком вдвое меньшего радиуса движущимся с такой же скоростью ему навстречу.
- 3) Как изменится внутренняя энергия углекислого газа при уменьшении объёма сосуда, в котором он находился на 10% .
- 4) Два одноимённо заряженных шарика находятся в керосине. Заряд первого шарика в $2,5$ раз больше заряда второго.
- 5) α -частица влетает перпендикулярно к силовым линиям магнитного поля.

2.76. Работа – явление, процесс или величина?

2.77. В каком пункте перечислены только физические явления?

- а) мяч, плотность, сила упругости;
- б) движение автомобиля, покой книги на столе, падение мяча;
- в) температура, линейка, вес тела;
- г) падение книги со стола, сила трения, плотность;
- д) удар бильярдных шаров, материальная точка, температура.

2.78. В каком из высказываний перечислены лишь физические тела?

- а) стол, стул, сила упругости;
- б) материальная точка, ручка, тетрадь;
- в) сила, скорость, ускорение;
- г) Земля, спутник, сила тяжести;
- д) верный ответ не приведен.

2.79. В каком из пунктов перечислены только физические величины?

- а) механическое движение, сила тяжести, скорость;
- б) сила трения, ускорение, скорость;
- в) перемещение, время, материальная точка;
- г) сила упругости, вес, свободное падение;

- д) верный ответ не приведен.
- 2.80. В учебнике физики написано: **«Силу упругости, действующую на тело со стороны опоры, называют силой реакции опоры»**. Это утверждение является: а) физическим законом; б) гипотезой; в) опытным фактом; г) названием явления; д) определением.
- 2.81. Исключите лишнее слово
- а) путь, время, ускорение, метр;
 - б) секунда, литр, вес, килограмм;
 - в) секунда, ватт, ампер, радиан;
 - г) объем, плотность, скорость, мощность.
- 2.82. Что из перечисленного является идеализированной моделью?
- а) материальная точка; б) пружина; в) математический маятник;
 - г) шар.
- 2.83. Какие слова (понятия) являются опорными для:
- 1) механического движения; 2) давления тела.
 - а) площадь б) тело отсчета; в) координаты; г) материальная точка;
 - д) равномерное; ж) температура; з) объем; е) плотность;
 - и) вращательное; к) относительность.
- 2.84. Определите логическую последовательность в описании механических колебаний:
- а) уравнение гармонических колебаний;
 - б) определение характерных признаков;
 - в) определение механического колебания;
 - г) определение условий возникновения;
 - д) определение вида колебаний по характерным признакам;
 - е) превращение энергии в колебательном движении;
 - ж) графическое представление гармонического колебания;
 - з) определение основных характеристик.
- 2.85. Определите, какой из законов нужно применить в приведенных ниже примерах:
- 1. За 5 с тело массой 1 кг под действием силы увеличило скорость с 5 м/с до 25 м/с. Определить значение этой силы?
 - 2. Вагон массы m_1 движется со скоростью v_1 и сцепляется с неподвижным вагоном массой m_2 . Какова скорость вагона после сцепки?
 - 3. С какой силой притягиваются два однородных шара массой m и M находящиеся на расстоянии r друг от друга.
 - 4. Почему при прикосновении руки к расплюсченному вследствие удара молотком гвоздю можно обжечься?
 - а) закон сохранения энергии; б) II Закон Ньютона; в) закон Всемирного тяготения; г) закон сохранения импульса.

2.86. Результаты измерения координаты x тела при разных значениях времени показаны в таблице 9 (координаты y и z тела во время наблюдения не изменялись):

Таблица 9

К задаче 2.85

t, с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x, см	2,0	1,4	0	-1,4	-2,0	-1,4	0	1,4	2	1,4	0

Какой вывод о характере движения можно сделать на основе этих данных?

1. Тело движется вдоль прямой с постоянным ускорением.
2. Тело движется равномерно и прямолинейно.
3. Тело совершает колебательное движение.
4. Тело совершает вращательное движение.

2.87. Что из перечисленного можно считать моделью движения:

2.88. Дайте определение следующим понятиям (таблица 10):

Таблица 10

К задаче 2.87

Понятие	Определение
1. Механическое движение	
2. Система отсчета	
3. Материальная точка	
4. Абсолютно твердое тело	
5. Замкнутая система тел	
6. Траектория	
7. Путь	
8. Перемещение	
9. Импульс тела	
10. Абсолютно упругий удар	

2.89. Используя обобщенный план изучения (рис. 18) составить краткий конспект по:

- 1) первому, второму и третьему законам Ньютона;
- 2) законам сохранения импульса, полной механической энергии и общему закону сохранения энергии;
- 3) закону Всемирного тяготения;
- 4) закону Гука;
- 5) законам Паскаля и Архимеда.

- 2.90. Каких данных не хватает?
- 1) Какое давление производит на пол плоская плита массой 100 кг?
 - 2) Какое количество теплоты необходимо для плавления 100 г свинца?
 - 3) Какова масса стальной детали, если на ее нагревание затратили 40 кДж теплоты?
 - 4) На тело действуют силы 5 Н, 10 Н и 20 Н. Найти равнодействующую этих сил.
- 2.91. Чьими именами названы перечисленные ниже единицы измерения физических величин?
- 1) сила тока; 2) напряжение; 3) сопротивление; 4) сила; 5) давление; 6) энергия; 7) частота.
- 2.92. Установите соответствие между научным достижением, именем ученого и его портретом (рис. 40).
- 1) Сформулировал три закона классической механики
 - 2) Создал специальную теорию относительности
 - 3) Показал, что C_p всегда больше C_v на величину молярной газовой постоянной.
 - 4) Впервые ввел механический принцип относительности и преобразования координат
1. Исаак Ньютон (1643–1727);
 2. Альберт Эйнштейн (1878–1955);
 3. Галилео Галилей (1564–1642);
 4. Юлиус Роберт Майер (1814–1878).

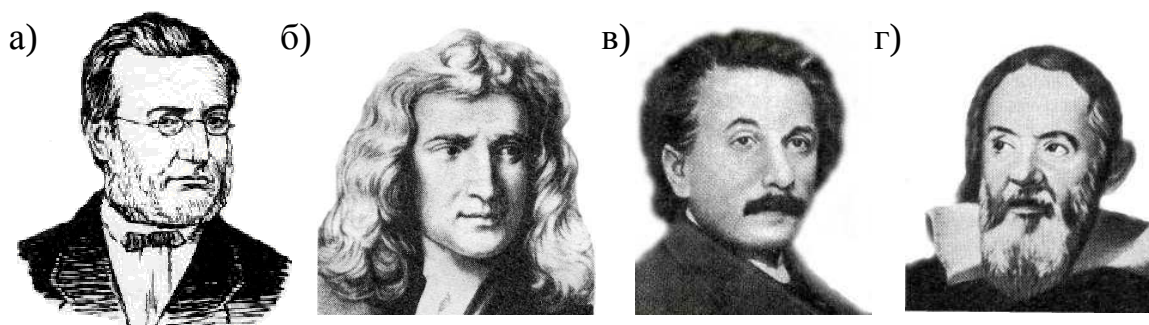


Рис. 40. К задаче 2.91

- 2.93. Установите соответствие между научным достижением, именем ученого и его портретом (рис. 41).
- 1) Русский ученый, развивший в своих работах атомистическое учение о строении вещества
 - 2) Составил периодическую систему химических элементов
 - 3) Его имя носит единица измерения работы и энергии

- 4) Ввел понятие абсолютной температуры
1. Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765);
 2. Дмитрий Иванович Менделеев (1834–1907);
 3. Джеймс Прескотт Джоуль (1818–1889);
 4. Уильям Томсон (Кельвин) (1824–1907).

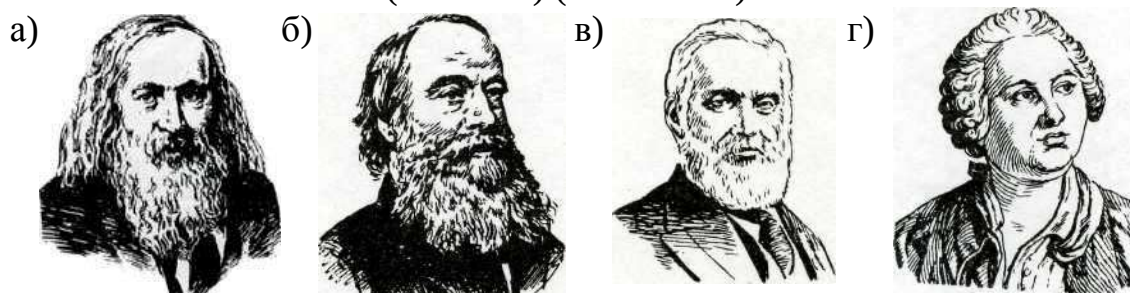


Рис. 41. К задаче 2.92

2.94. Найти пятое лишнее.

1. В физике есть: а) правило буравчика; б) правило моментов; в) правило поведения; г) правило левой руки; д) золотое правило.
2. В физике есть постоянные: а) Авагадро; б) Планка; в) Ньютона; г) Фарадея; д) Больцмана.
3. Движение бывает: а) тепловое; б) вечное; в) броуновское; г) хаотическое д) механическое.
4. Сила бывает: а) сторонняя; б) подъемная; в) ядерная; г) внутренняя; д) изолированная.
5. Поле бывает: а) вихревое; б) идеальное; в) электромагнитное; г) потенциальное; д) гравитационное.
6. Бывает удельная (удельное) а) теплоемкость; б) энергия связи; в) сопротивление; г) электроемкость; д) теплота плавления.
7. Колебания бывают: а) свободные; б) вынужденные; в) затухающие; г) циклические; д) гармонические.
8. Разряд бывает: а) дуговой; б) постоянный; в) искровой; г) электрический; д) тлеющий.

2.95. Какой физический закон, явление скрыто в пословице?

- 1) Как аукнется, так и откликнется.
- 2) Правда, что масло вверх ползет.
- 3) Ему и беда, что с гуся вода.
- 4) Волна, набежав на волну, набирает силу.

Глава 3. Задачи и задания по физике

3.1. Экспериментальные задачи

3.1.1. Экспериментальные задачи по механике, молекулярной физике и термодинамике

- 3.1. Каким образом можно найти емкость кастрюли, пользуясь весами и набором гирь?
- 3.2. Два товарища стояли на балконе и отдыхали. От нечего делать они размышляли над тем, как определить, в чьей коробке осталось меньше спичек, не открывая коробок. А какой метод можете предложить вы?
- 3.3. Как определить диаметр футбольного мяча жесткой (например, обычной деревянной) линейкой?
- 3.4. Используя измерительную ленту и миллиметровую бумагу определить путь и модуль перемещения от подъезда своего дома до места учебы.
- 3.5. Представьте, что для измерения высоты дома вам было предложено воспользоваться пустой консервной банкой и секундомером. Сумели бы вы справиться с заданием? Расскажите, как нужно действовать.
- 3.6. Как найти скорость истечения воды из водопроводного крана, имея цилиндрическую банку, секундомер и штангенциркуль?
- 3.7. Определить коэффициент трения скольжения бруска по горизонтальной поверхности стола при равномерном движении.
Приборы и принадлежности: динамометр, рычажные весы, деревянный брусок.
- 3.8. Определить силу реакции действующей со стороны стола на алюминиевый брусок.
Приборы и принадлежности: рычажные весы, штангенциркуль, алюминиевый брусок, справочник.
- 3.9. Определить, на сколько вес стального подшипника изменится при перенесении его на экватор (принять для нашего местонахождения $g = 9,81 \frac{м}{с^2}$).
- 3.10. Определить температуру плавления твердого тела цилиндрической формы.
Приборы и принадлежности: рычажные весы, штангенциркуль, металлический цилиндр, справочник.

3.11. Определите коэффициент трения дерева по дереву, используя наклонную плоскость.

Приборы и принадлежности: деревянные бруски, доски и линейки.

3.12. Определите плотность тела, используя динамометр и сосуд с водой.

Приборы и принадлежности: динамометры, сосуды с водой.

3.13. Используя рисунок 42, определите:

а) массу камня;

б) объем вытекшей в сосуд В воды.

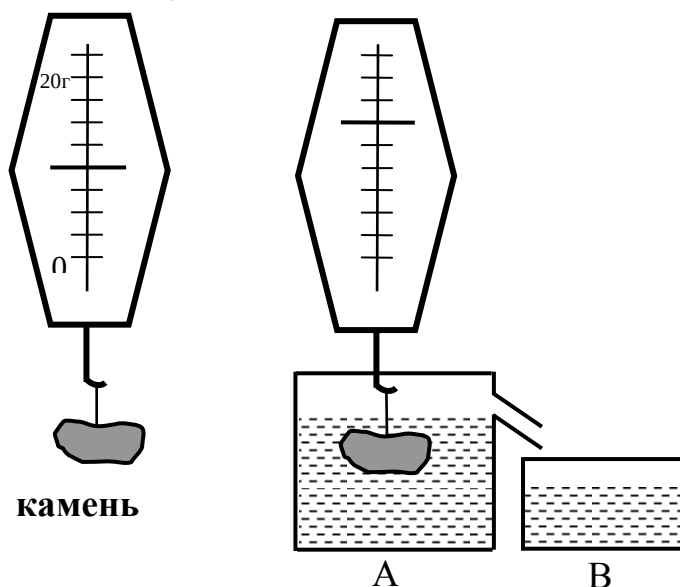


Рис. 42. К задаче 3.13

3.14. Используя штангенциркуль, весы и справочник определить:

- 1) плотность каждого из изображенных на рисунке 43 тел;
- 2) температуру плавления каждого из изображенных на рисунке 43 тел, если известно, что все они изготовлены из чистых металлов;
- 3) на сколько изменится сила реакции со стороны горизонтальной поверхности на каждое из изображенных на рисунке 43 тел при перенесении их на экватор (принять для нашего местонахождения $g = 9,81 \frac{м}{с^2}$).
- 4) во сколько раз уменьшится вес каждого из тел (рис. 43) при перенесении их на Луну;
- 5) потенциальную энергию, которой будет обладать каждое из изображенных на рисунке 6 тел на высоте 10 м над поверхностью Земли;

- 6) кинетическую энергию, которой будет обладать каждое из тел (рис. 43) при падении с высоты 10 м на высоте 1 м над поверхностью Земли (сопротивление воздуха не учитывать);
- 7) выталкивающую силу, действующую на каждое из изображенных на рисунке 43 тел в воде при их полном погружении;
- 8) теплоемкость каждого из изображенных на рисунке 43 тел.

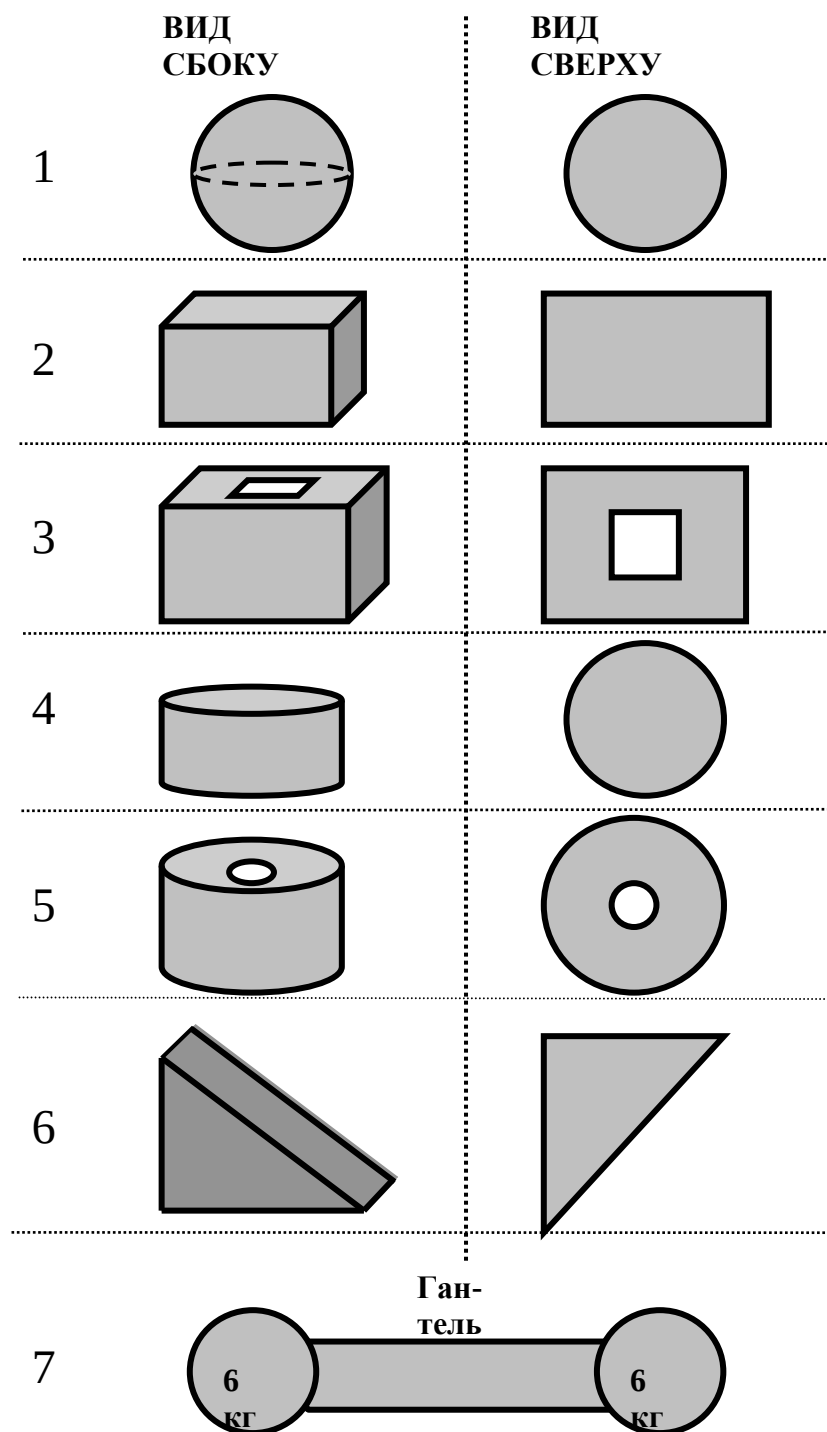


Рис. 43. К задаче 3.14

3.15. Как называются изображенные на рис. 44, а–г приборы? Каково их назначение? Определите:

а) цену деления каждого из приборов;

б) максимально возможные показания каждого прибора;

в) показания приборов, используя основные единицы СИ;

Назовите приборы, с помощью которых можно производить измерение величины большей, чем то, на которое они рассчитаны. Объясните, как это можно сделать.

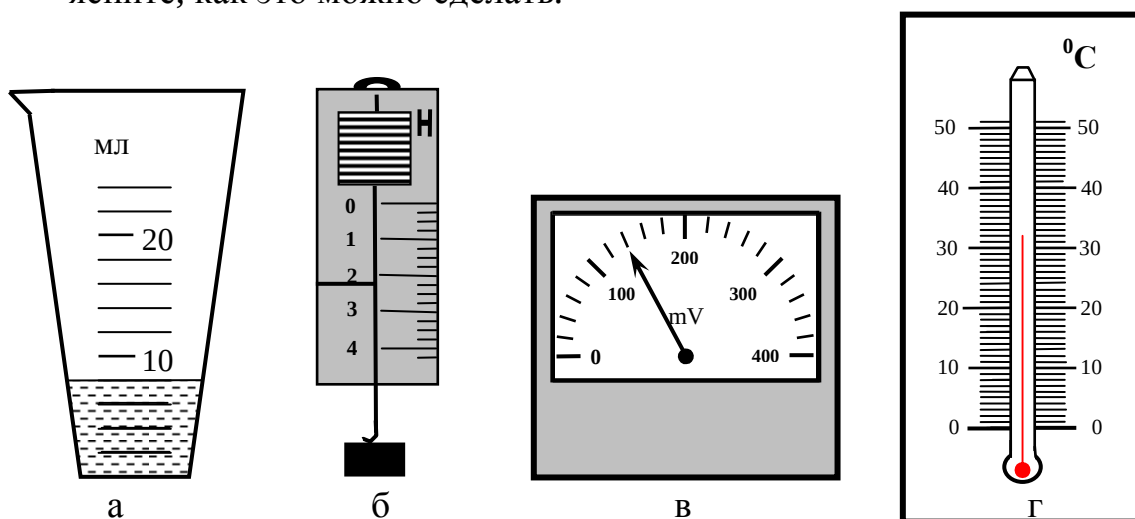


Рис. 44. К задаче 3.15

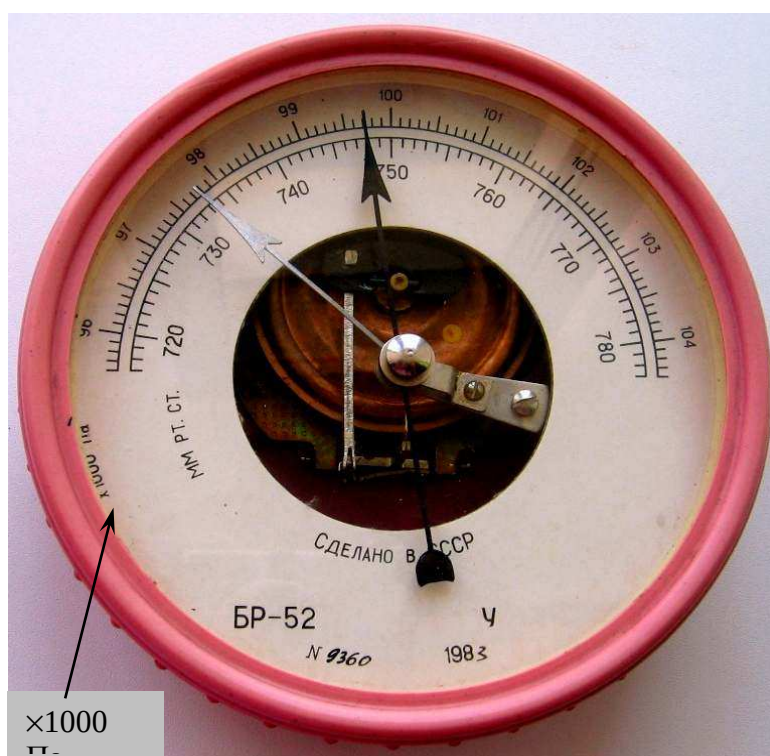


Рис. 45. Барометр

- 3.16. Как называется прибор изображенный на рисунке 45? Каково его назначение? Каковы его показания по верхней шкале? Нижней шкале? Можно ли спрогнозировать погоду на следующий день, если стрелка прибора сместится вправо? Влево?
- 3.17. Определить размер образца (рис. 46, 47, 48, 49).

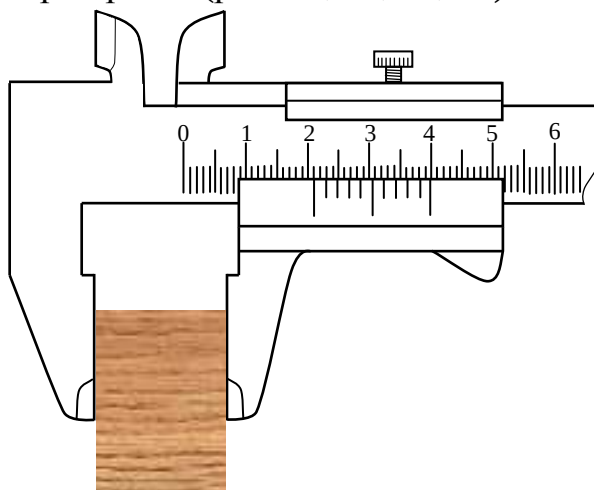


Рис. 46. К задаче 3.17

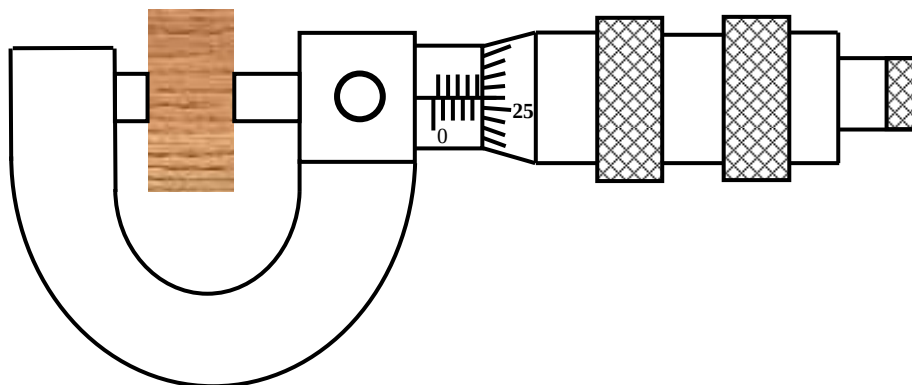


Рис. 47. К задаче 3.17

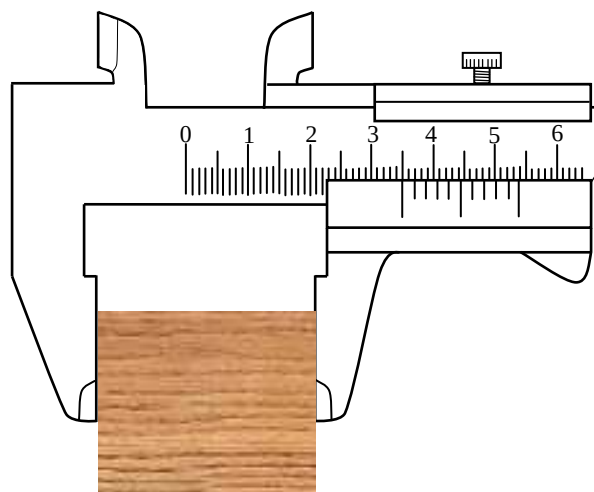


Рис. 48. К задаче 3.17

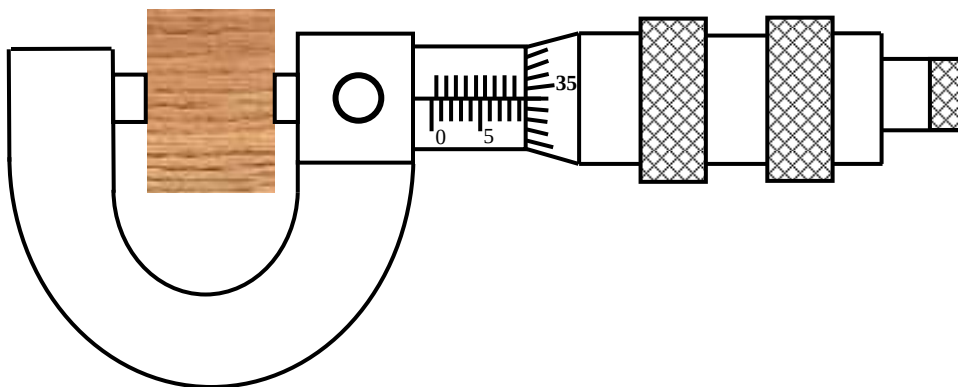


Рис. 49. К задаче 3.17

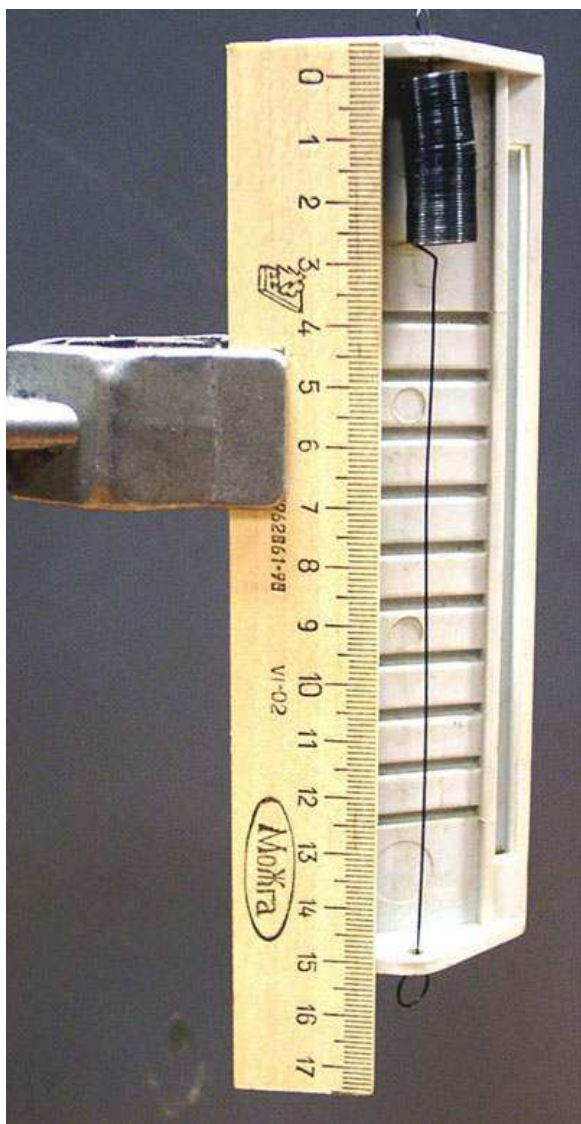


Рис. 50. К задаче 3.18

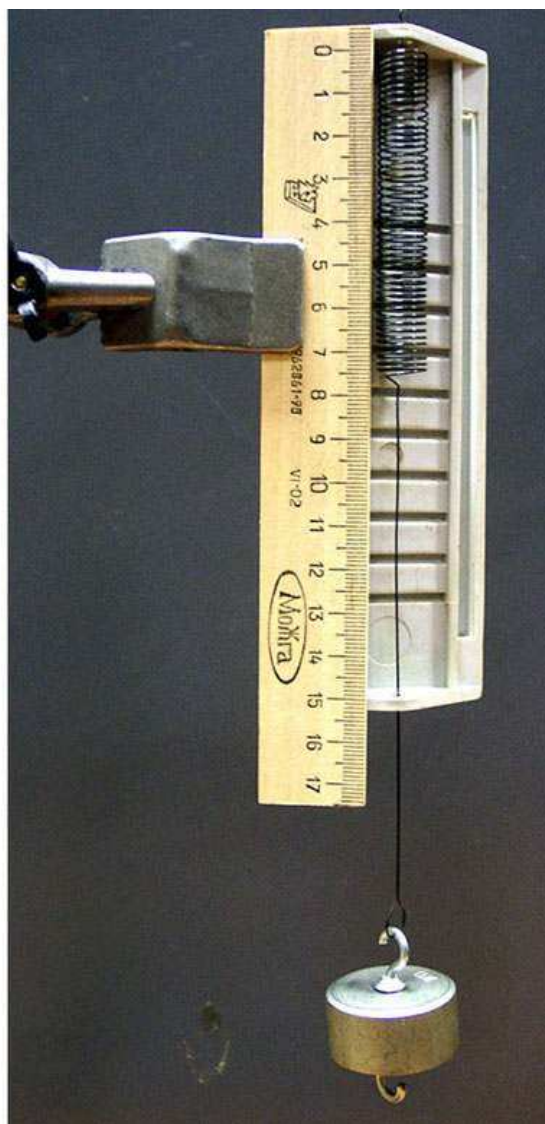


Рис. 51. К задаче 3.18

3.18. Для измерения жесткости пружины ученик собрал установку (рис. 50), и повесил к пружине груз массой 0,1 кг (рис. 51). Какова жесткость пружины?

- 1) 40 Н/м; 2) 20 Н/м; 3) 13 Н/м; 4) 0,05 Н/м.

3.19. Выполните опыт в соответствии с рисунком 52. Заполнив таблицу 11, определите КПД наклонной плоскости.

Приборы и принадлежности: штатив универсальный с муфтой и лапкой, динамометр, доска, линейка, брусок.

Таблица 11

К задаче 3.19

h, м	P, Н	A _п , Дж	S, м	F, Н	A _з , Дж	η , %

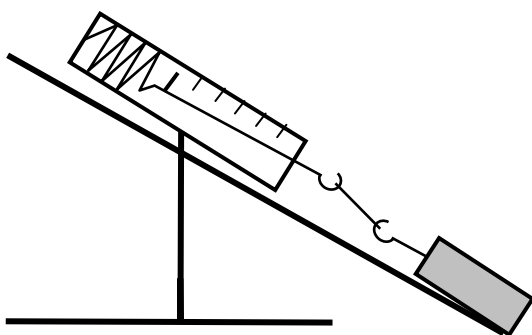


Рис. 52. К задаче 3.19

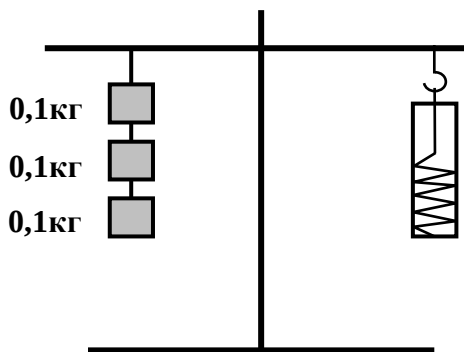


Рис. 53. К задаче 3.20

3.20. Определить момент силы действующей на рычаг (рис. 53). На каком расстоянии от оси вращения необходимо закрепить груз в три раза меньшей массы, чтобы система находилась в равновесии?

3.21. Описать и объяснить явление изменения давления жидкости в зависимости от глубины.

Приборы и принадлежности: жидкостный манометр, приемник давления жидкостного манометра, стеклянный сосуд с водой, резиновая трубка.

Порядок выполнения:

- 1) Соединить жидкостный манометр с приемником с помощью резиновой трубки.
- 2) Опустить приемник в сосуд с водой (рис. 54).
- 3) Увеличивая глубину погружения приемника, отметить показания манометра на определенной глубине.

4) Поворачивая приемник вокруг горизонтальной оси, проследить за показаниями манометра. Сделать выводы.

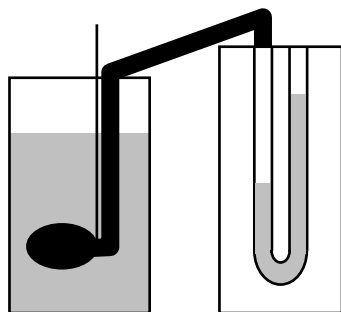


Рис. 54. К задаче 3.21

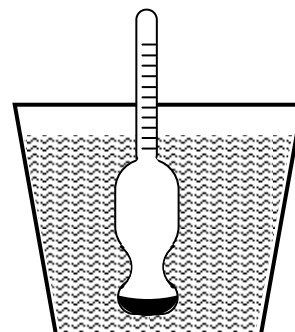


Рис. 55. К задаче 3.22

3.22. Определить плотность воды (рис. 55). Объяснить принцип действия ареометра.

Приборы и принадлежности: высокий стеклянный сосуд с водой, ареометр.

3.23. Наиболее точно оцените объем пасты в стержне шариковой ручки. Не портить и не расходовать стержень.

Оборудование: стержень с пастой для шариковой ручки. Линейка, миллиметровая бумага, ножницы.

3.24. Оцените объем CD-диска.

Оборудование: два CD – диска, миллиметровка.

3.25. Определить массу спички без серы.

Оборудование: спичка, линейка.

Указание: не ломайте спичку!

Примечание: плотность древесины, из которой сделана спичка, принять 800 кг/м^3 .

3.26. Оцените объем одной скобы для степлера.

Оборудование: кусок миллиметровой бумаги, ножницы или ножик для отламывания скоб (скобы можно отламывать от полоски).

3.27. Определите как можно более точно толщину деревянной линейки.

Оборудование: две одинаковые деревянные линейки, несколько монет известной массы, стол.

Примечание: плотность дерева принять 800 кг/м^3 . Массы современных российских монет: 5 коп. – 2,6 г, 10 коп. – 2,0 г, 50 коп. – 2,9 г.

3.28. Изучите зависимость силы трения скольжения бруска от площади его соприкосновения с горизонтальной поверхностью и от его веса.

Оборудование: прямоугольный брусок, линейка, грузик массой 100 г, динамометр, нить любой длины.

3.29. Определите коэффициент поверхностного натяжения жидкости σ .

Оборудование: медицинский шприц вместимостью 5 мл, стаканчик с водой, кусок миллиметровой бумаги, линейка, ножницы.

Примечание: свисающая капля жидкости удерживается от падения силой поверхностного натяжения $F = \sigma l$, где l – длина линии границы с поверхностью твердого тела. Если капля жидкости свисает, например, из тонкой вертикальной трубочки, то l равна длине окружности внутреннего отверстия трубочки.

3.30. Используя открытую с обоих концов стеклянную трубку, пластиковую линейку и прозрачный стакан объемом 0,5 л с холодной водой оценить атмосферное давление.

3.31. Найдите объем воды, который необходимо налить в пластиковую полуторалитровую бутылку, чтобы она была наиболее устойчива.

3.1.2. Экспериментальные задачи по разделу электричество и магнетизм

3.32. Раскройте смысл и значение знаков на панели приборов (рис. 57–58).

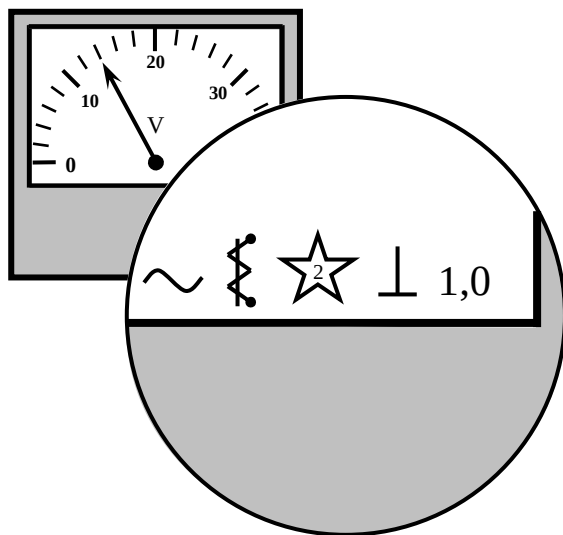


Рис. 57. К задаче 3.32

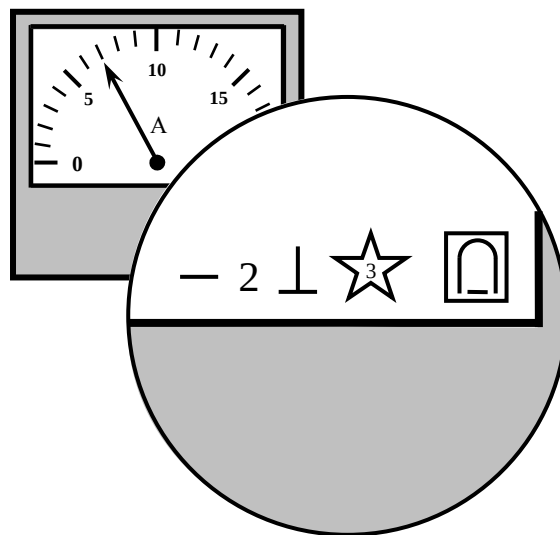


Рис. 58. К задаче 3.32

3.33. Какие приборы изображены на рисунках 59–60? Укажите назначение приборов, как они включаются в цепь, какова цена деления

шкалы прибора. Раскройте смысл и значение знаков на панели приборов.

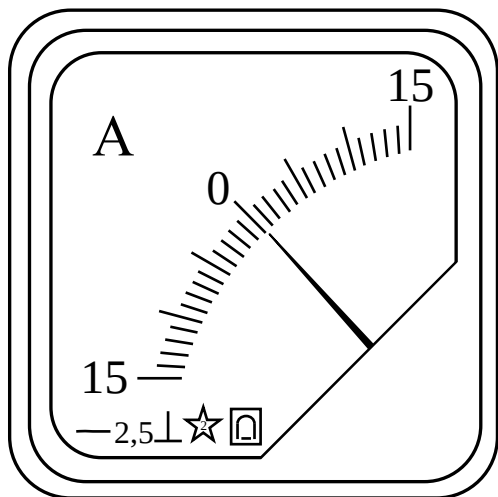


Рис. 59. К задаче 3.33

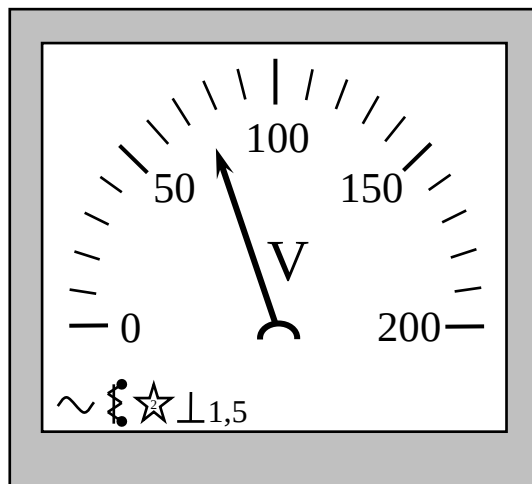


Рис. 60. К задаче 3.33

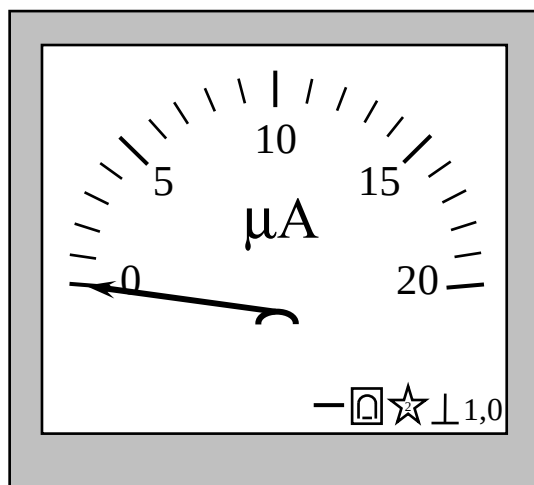


Рис. 61. К задаче 3.33

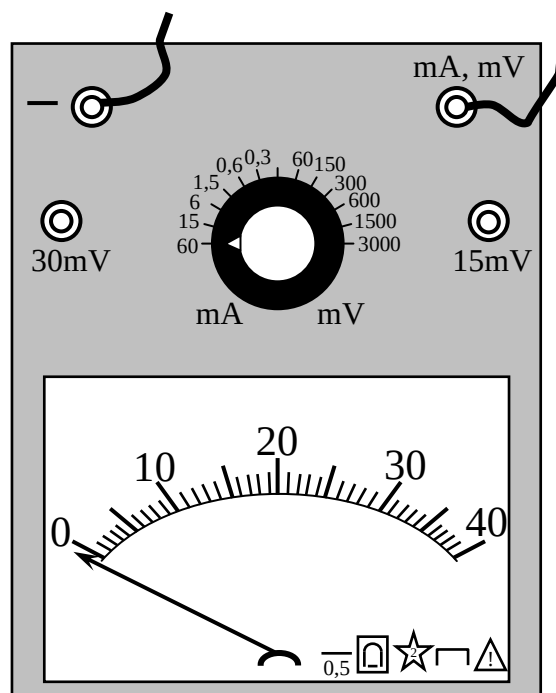


Рис. 62. К задаче 3.33

- 3.34. 1) По приведенной принципиальной схеме (рис. 63) нарисуйте (на пленке или кальке) соединение изображенных элементов электрической цепи так, чтобы линии, изображающие соединительные провода, не пересекались, и соблюдалась полярность включения электроизмерительных приборов.
- 2) На линиях, изображающих соединительные провода, отметьте точками (А, В, С,...) возможные места включения амперметра.
- 3) Отметьте на рисунке цифрами (1, 2, 3, ...) зажимы и запишите пары зажимов (1–3, 2–5, ...), к которым можно присоединить вольтметр для измерения напряжения на резисторе, если пренебречь сопротивлением соединительных проводов, амперметра и переходных контактов ключа.
- 4) Запишите пары зажимов (1–3, 2–4, ...), к которым можно присоединить вольтметр для измерения напряжения на резисторе, если пренебречь только сопротивлением соединительных проводов.
- 5) Определите цену деления изображенных приборов: $C_d = \dots$, $C_v = \dots$

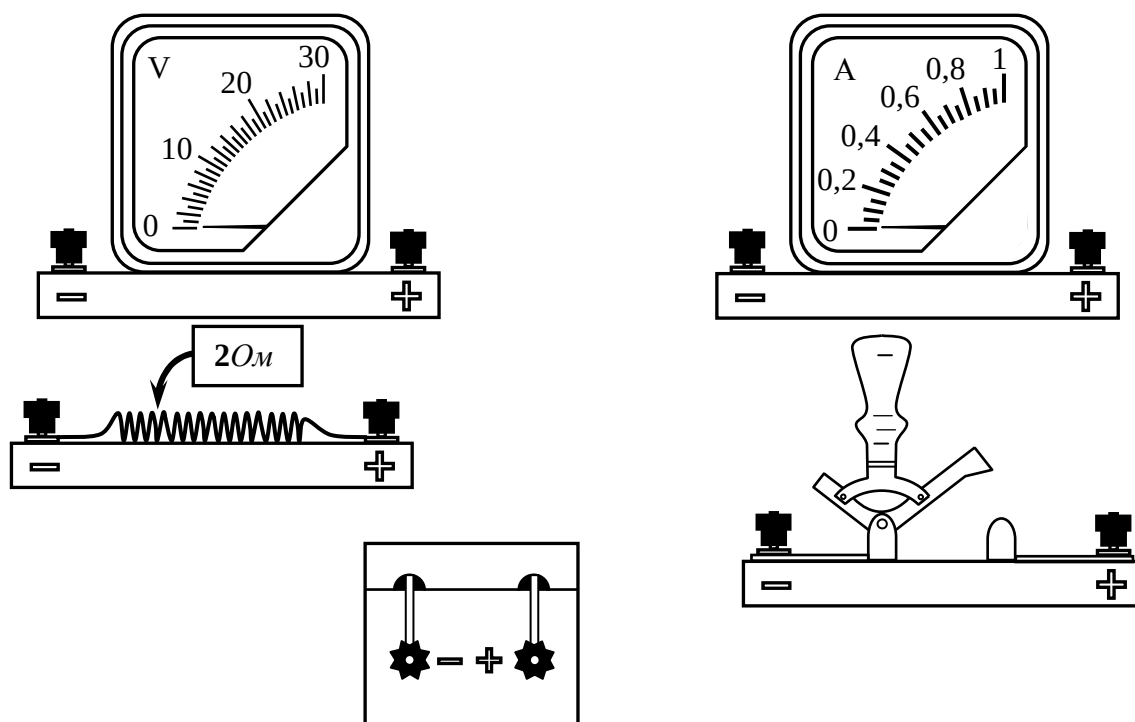


Рис. 63. К задаче 3.34

- 3.35. 1) Нарисуйте принципиальную схему изображенной электрической цепи (рис. 64), составленной для измерения сопротивления нити накала лампы в холодном состоянии. При измерении предполагается, что сила тока лампы достаточно мала, а измерения вы-

- полняются быстро, поэтому можно считать, что в процессе измерения температура нити накала и ее сопротивление не изменяются.
- 2) Отметьте на принципиальной схеме знаками (+ , –) полярность зажимов электроизмерительных приборов, а стрелками – направление тока в цепи.
 - 3) Определите цену деления электроизмерительных приборов: $C_A = \dots$, $C_V = \dots$.
 - 4) Определите сопротивление лампы в холодном состоянии, если измерения производились при комнатной температуре (+ 20°C).
 - 5) Рассчитайте сопротивление лампы при ее нормальном горении;
 6. Вычислите температуру нити накала лампы при ее нормальном горении.

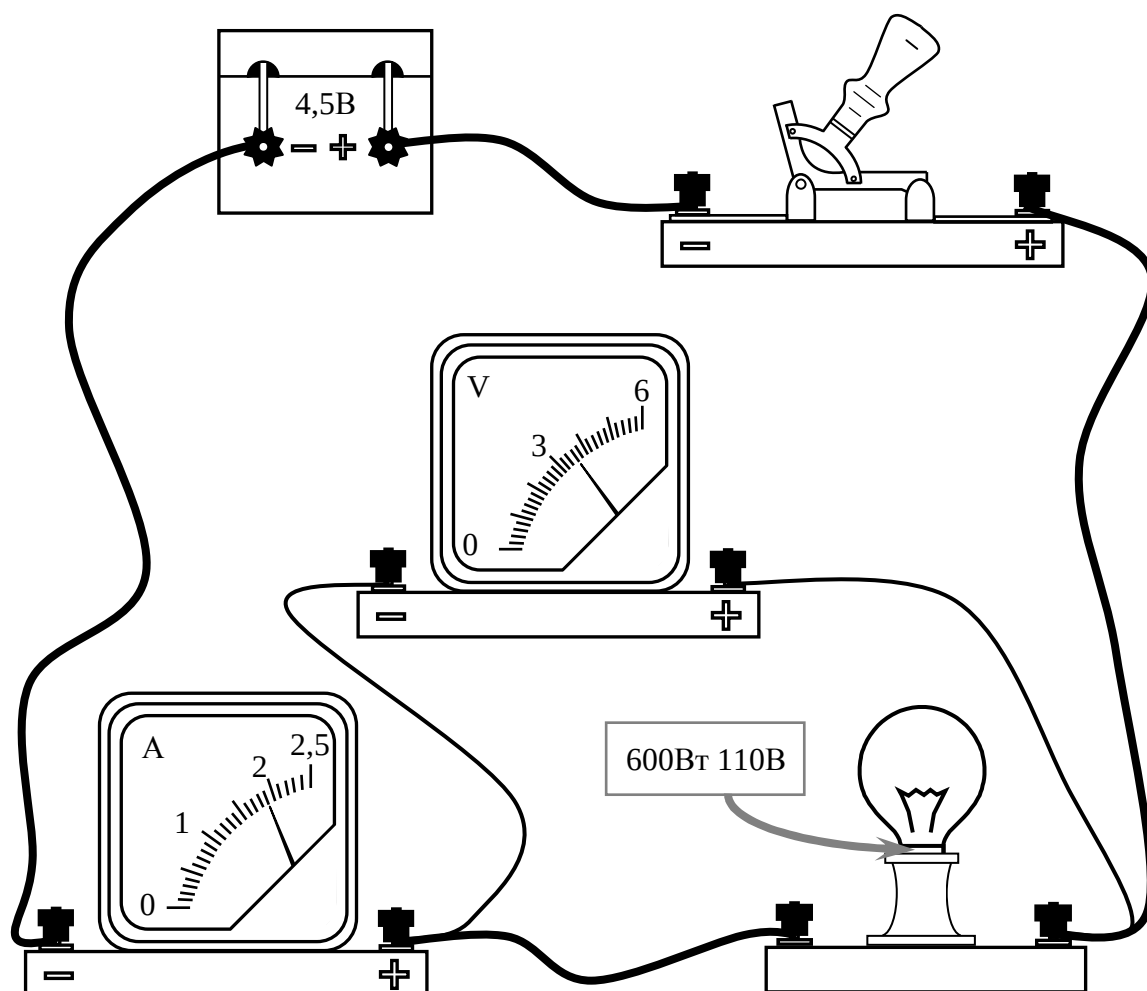


Рис. 64. К задаче 3.35

- 3.36. Бухта А никелинового провода включена в электрическую цепь, как показано на рисунке 65.

- 1) Начертите принципиальную схему изображенной электрической цепи.
- 2) Отметьте на принципиальной схеме знакам (+ , –) полярность зажимов электроизмерительных приборов.
- 3) Отметьте на принципиальной схеме стрелками направление тока в цепи.
- 4) Определите цену деления электроизмерительных приборов: $C_d = \dots$, $C_v = \dots$.
- 5) Определите сопротивление бухты никелинового провода.
- 6) Определите длину никелинового провода, если удельное сопротивление никелина $\rho = 4,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
- 7) Опишите изображенную электрическую цепь.

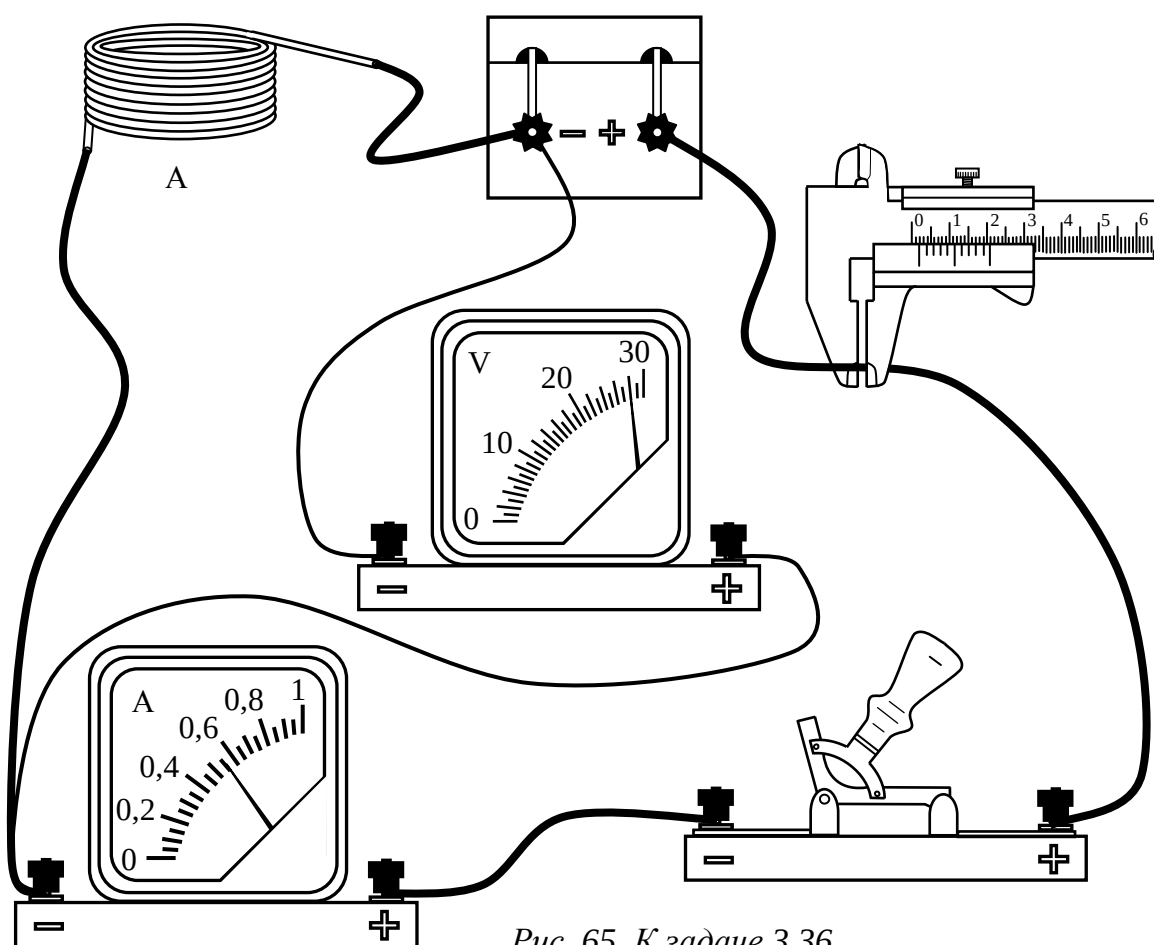


Рис. 65. К задаче 3.36

3.37. Воду из мензурки перелили в сосуд, стоящий на плитке, и испарили (рис. 66).

- 1) Определите количество израсходованной энергии, если КПД плитки равен 50%.
- 2) Рассчитайте время, затраченное на испарение воды,
- 3) Каково назначение реостата в цепи?

- 4) С какими параметрами реостат пригоден для работы в изображенной цепи?
- 5) Опишите изображенную электрическую цепь.
- 6) Нарисуйте принципиальную схему изображенной электрической цепи.

Параметры реостатов	
2000 Ом	0,1 А
1000 Ом	0,2 А
100 Ом	3 А
30 Ом	5 А
1,5 Ом	10 А

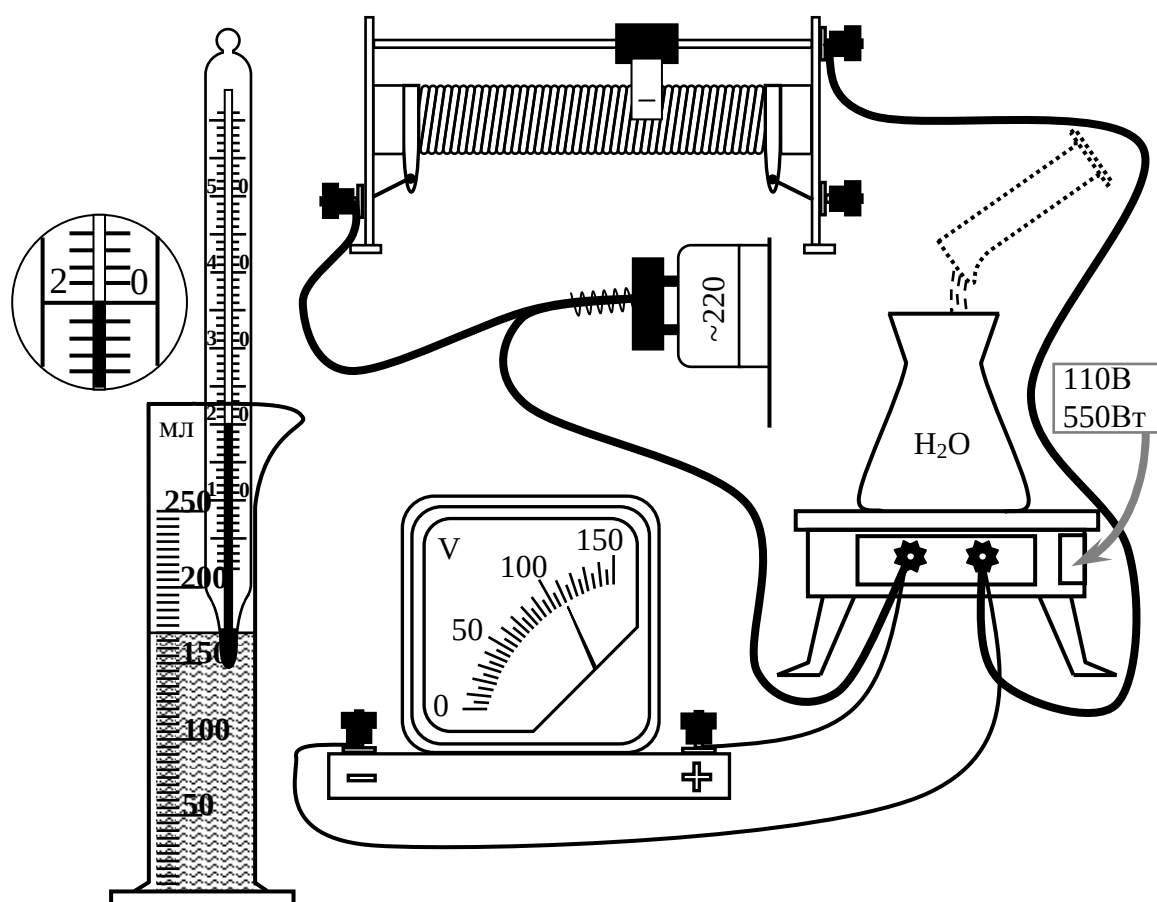


Рис. 66. К задаче 3.37

3.38. Гальваническую батарею с помощью перекидного ключа К замыкают сначала на вольтметр V_1 , а затем на вольтметр V_2 последовательно с которым включено образцовое сопротивление 16 Ом . При замыкании ключа К на контакт 1 положение стрелки вольтметра V_1 показано пунктиром, а при замыкании ключа на контакт 2 положение стрелки вольтметра V_2 показано сплошной линией (рис. 67).

- 1) Чему равно внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока?
- 2) Определите напряжение на зажимах источника тока для двух положений ключа К.
- 3) Почему уменьшается напряжение на зажимах источника с ростом силы тока в цепи?
- 4) Рассчитайте мощность всей цепи при замыкании ключа К на контакт 2.
- 5) Определите КПД источника тока для двух положений ключа К.

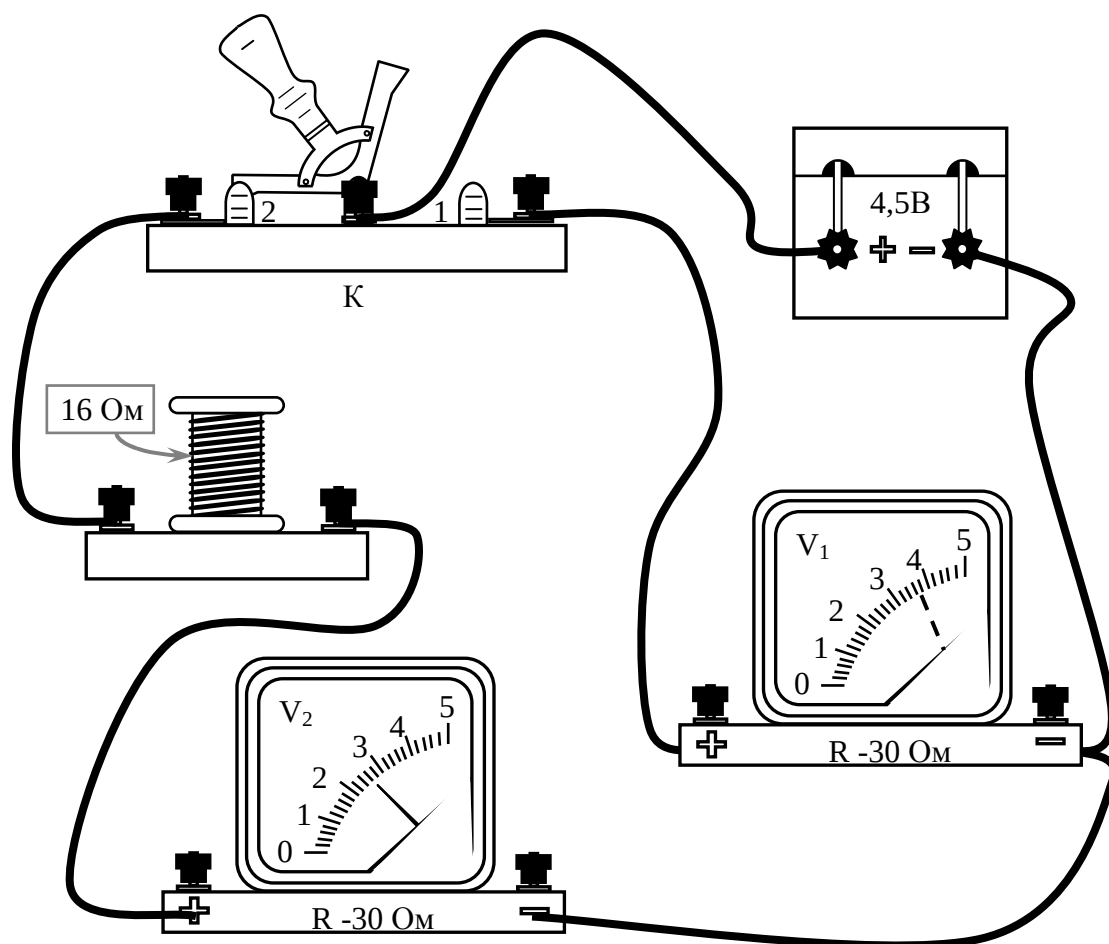


Рис. 67. К задаче 3.38

3.39. Изображенная на рисунке 68 электрическая цепь присоединена к источнику переменного напряжения частотой 50 Гц . К реостату

подключен электронный двухлучевой осциллограф, который позволяет одновременно наблюдать характер изменения напряжения и тока в реостате. Способ включения осциллографа в задачу не рассматривается.

- 1) Нарисуйте принципиальную схему изображенной электрической цепи (без осциллографа).
- 2) Определите цену деления электроизмерительных приборов: $C_v = \dots$, $C_a = \dots$.
- 3) Определите активное сопротивление включенной части реостата.
- 4) Рассчитайте активную мощность включенной части реостата.
- 5) Найдите амплитудное значение тока и напряжения на зажимах реостата: $I_m = \dots$, $U_m = \dots$.
- 6) Напишите выражения мгновенных значений напряжения и тока, приняв начальную фазу колебаний напряжения равной 0° .
- 7) Опишите изображенную электрическую цепь.

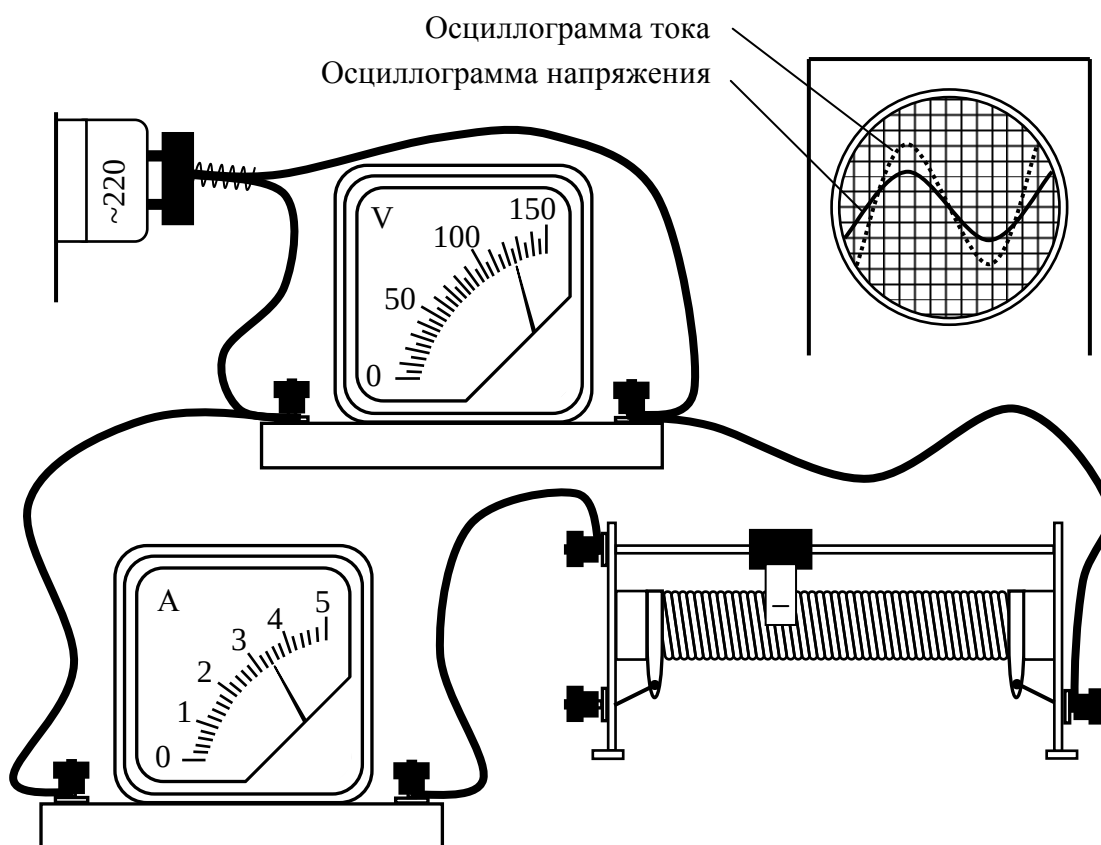


Рис. 68. К задаче 3.39

- 3.40. Гальваническую батарею (рис. 69) с помощью перекидного ключа К поочередно замыкают на образцовые сопротивления 3 и 1 Ом.

При замыкании ключа К на контакт 2 положение стрелки амперметра показано сплошной линией, а при замыкании на контакт 1 – пунктиром.

- 1) Чему равно внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока?
- 2) Определите напряжение на зажимах источника тока для двух положений ключа К.
- 3) Почему уменьшается напряжение на зажимах источника с ростом силы тока в цепи?
- 4) Рассчитайте полную мощность всей цепи при замыкании ключа К на контакт 2.
- 5) Определите КПД источника тока для двух положений ключа К.

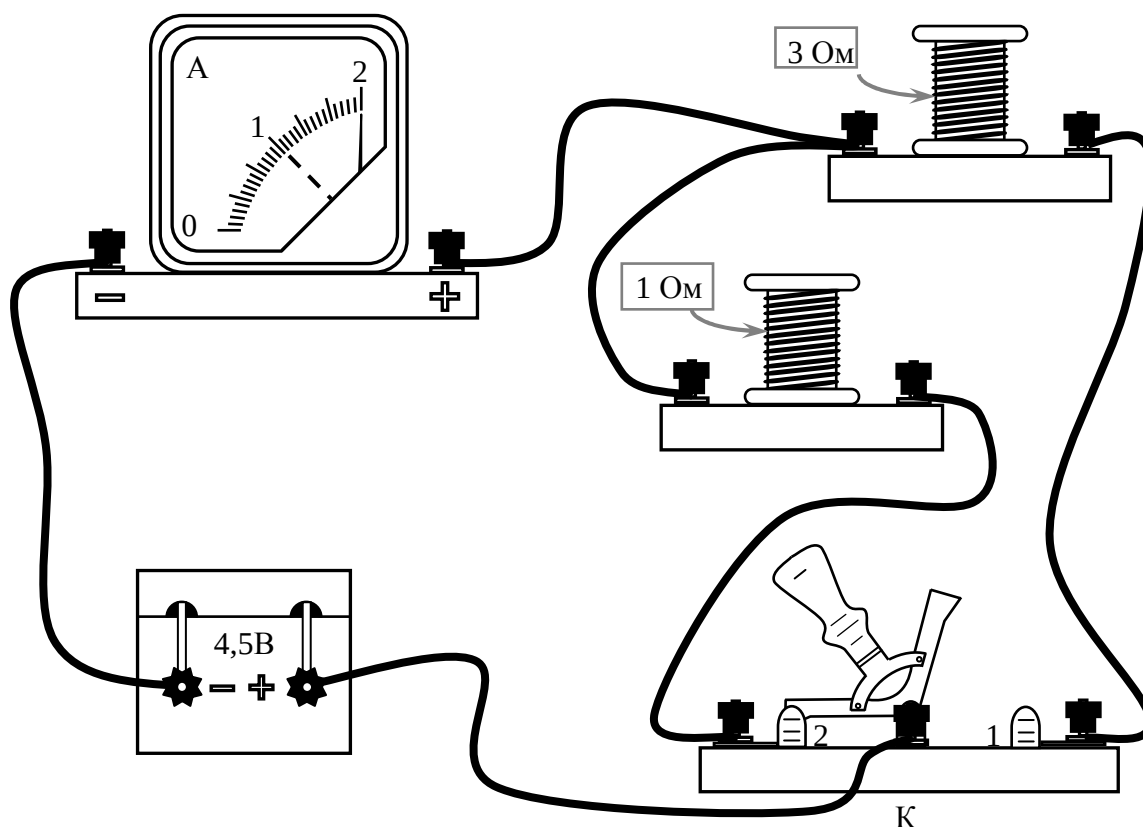


Рис. 69. К задаче 3.40

- 3.41. Определить полярность полюсов постоянного магнита прибора, не используя внешние магниты. Нарисовать рисунок. Как проверить решение задачи?

3.1.3. Экспериментальные задачи по оптике, элементам квантовой, атомной и ядерной физике

3.42. Определите показатель преломления воды.

Оборудование: чашка, монета, линейка, штатив, вода.

Указания: Положить монету в середину чашки и наклонять до тех пор, пока край чашки не закроет монету. Затем осторожно, чтобы не сдвинуть монету, наполнить чашу водой. Наливать до тех пор, пока монета не будет видна полностью.

Задание: 1) Начертить ход лучей, с указанием всех необходимых для расчета величин; 2) Вывести теоретическую зависимость показателя преломления n от измеренных величин; 3) Измерить все необходимые для расчета размеры; 4) Рассчитать n .

3.43. Определение материала призмы.

Оборудование: прибор Горячкина (оптическая шайба), трапециевидная призма.

Задание: 1) На экране закрепить трапециевидную призму меньшим основанием вверх. Боковые лучи отвести поворотом зеркал, оставить лишь средний луч света. Направить луч под углом α , наблюдать ход луча в призме и под нею, отметить углы преломления у верхней β и нижней γ грани. 2) Начертить ход световых лучей. 3) Записать закон преломления для верхней и нижней граней призмы и по нему дважды рассчитать показатель преломления материала призмы. 4) Рассчитать среднее значение показателя преломления и используя справочную литературу, определить из какого материала изготовлена призма. 5) Выполнить расчет для разных углов падения.

3.44. Определение показателя преломления стекла с помощью микроскопа.

Оборудование: микроскоп типа МБУ-4 А, подсветка, микрометр, стеклянная пластинка с крестом (линии креста нанесены на разные стороны пластины).

Задание: 1) Измерить толщину d пластинки с крестом при помощи микрометра. 2) На столик микроскопа положить пластинку с крестом, микровинтом опустить тубус вниз до упора (вращая микровинт на себя). Грубой наводкой сфокусировать нижнюю линию креста, затем, вращая микровинт от себя, до получения изображения верхней линии при этом посчитать число полных оборотов винта. 3) Рассчитать перемещение тубуса по формуле $h = (0,1 \times \text{число полных оборотов винта} + 0,002 \times \text{число делений на}$

барабане) мм. 4) Используя значение перемещения рассчитать величину показателя преломления по формуле $n=d/h$.

3.45. Определение главного фокусного расстояния двояковыпуклой линзы.

Оборудование: оптическая скамья, источник света, собирающая линза, экран, измерительная лента.

Задание: 1) Получить четкое изображение предмета. 2) Измерить расстояние от центра линзы до предмета – d . 3) Измерить расстояние от центра линзы до изображения предмета на экране – f . 4) Используя формулу тонкой линзы рассчитать фокусное расстояние линзы.

3.46. Измерение освещенности в аудитории.

Оборудование: люксметр, источник света.

Задание: 1) Нарисовать в масштабе план аудитории, определить точки, в которых будет измерена освещенность (желательны измерения в узлах равномерной сетки – рис. 70). 2) Выполнить измерения, записав значения освещенности в выбранных точках. 4) Построить графики зависимостей $E_1 = f(a)$ и $E_2 = f(b)$ по одной из соответствующих линий при вертикальной и горизонтальной ориентации фотозлемента. 5) Определить участки наилучшей и наихудшей освещенности в аудитории по полученным экспериментальным данным.

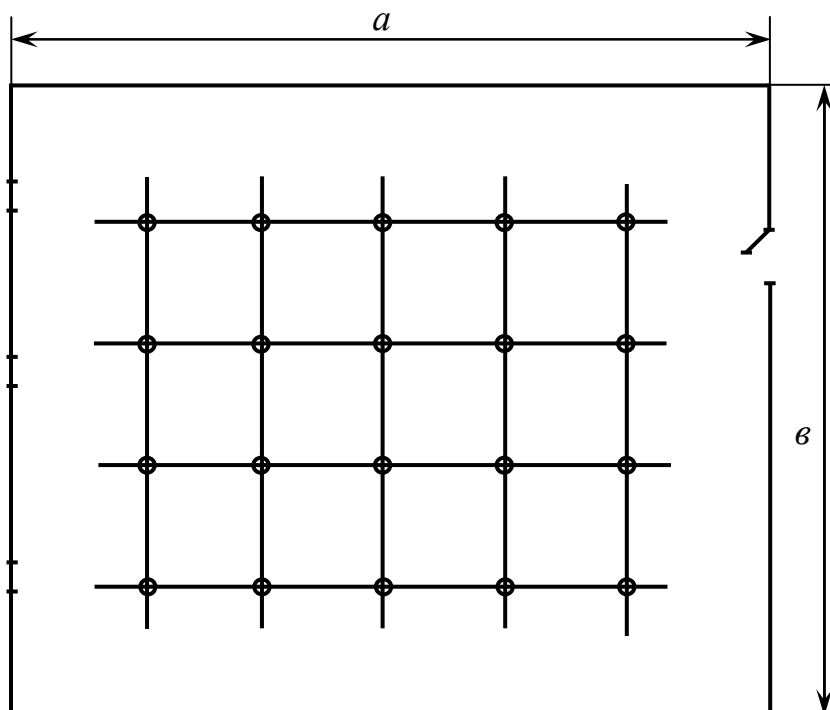


Рис. 70. К задаче 3.46. Точки измерения освещенности

3.47. Определить длину волны излучения лазерной указки.

Оборудование: лазерная указка; пластмассовая линейка с рельефными миллиметровыми делениями, миллиметровая бумага, тонкая нить.

3.48. Измерение радиационного фона населенного пункта.

Оборудование: дозиметр бытовой портативный.

Задание: 1) Выбрать в населенном пункте несколько контрольных точек в которых будут проводиться измерения (промышленные предприятия, учебные заведения и т.п.). 2) Выполнить измерения, записав значения радиационного фона в выбранных точках. 4) Проанализировать полученные результаты и построить диаграммы распределения радиационного фона в населенном пункте. 5) Определить участки с наибольшим и наименьшим уровнем излучения и сравнить полученные результаты с предельно допустимыми дозами.

3.49. Определение коэффициента поглощения материала.

Оборудование: люксметр, поглощающие поверхности, микрометр.

Задание: 1) Поместить фотоэлемент под источником света и измерить освещенность E_0 . 2) Положить на фотоэлемент один, затем два и три листа бумаги, измерить значение E . 3) Определить с помощью микрометра толщину материала d . 4) Применяя закон Бугера, вычислить коэффициент поглощения данного материала:

$k = \frac{1}{d} \ln \frac{E_0}{E}$. 5) Сравнить найденный коэффициент поглощения с коэффициентами поглощения воздуха ($k = 10^{-3} \text{ м}^{-1}$), воды ($k = 1 \text{ м}^{-1}$) и металла ($k = 10^6 \text{ м}^{-1}$).

3.2. Механика

3.2.1. Кинематика

Качественные и графические задачи

- 3.50. Можно ли принять Землю за материальную точку при расчете:
- а) Расстояния от земли до Солнца;
 - б) Пути, пройденного Землей по орбите вокруг Солнца за месяц;
 - в) Длины экватора Земли;
 - г) Скорости движения точки экватора при суточном вращении Земли вокруг оси;
 - д) Скорости Земли по орбите вокруг Солнца?
- 3.51. Можно ли принять за материальную точку:
- а) Снаряд при расчете дальности его полета;
 - б) Снаряд при расчете его формы, обеспечивающей уменьшение сопротивления воздуха;
 - в) Железнодорожный состав длиной 1 км при расчете пути, пройденным им за несколько секунд.
- 3.52. Часовой охраняет объект, огороженный квадратным забором ABCD (рис. 71) обходя его по периметру. Чему будут равны его путь и модуль перемещения, если он из точки А перейдет в точку В, затем в точку С, затем в точку D, после чего вернется в точку А? Длина стороны квадрата a .
- 3.53. Часовая стрелка показывает 12 часов (рис. 72). Какой путь пройдет конец стрелки и какое перемещение он совершит, когда стрелка будет показывать 6 часов вечера; 9 часов вечера? Длина стрелки R .
- 3.54. Турист поднялся на возвышенность высотой $h=10$ м с углом при основании $\alpha = 30^\circ$, а затем спустился с этой же высоты по уклону с углом при основании $\beta = 60^\circ$ (рис. 73). Чему равны путь S и модуль перемещения $|\vec{r}|$ туриста.

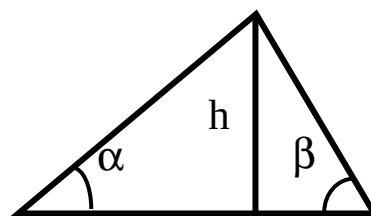
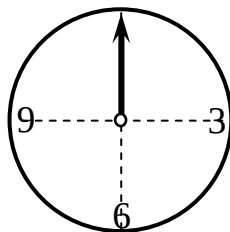
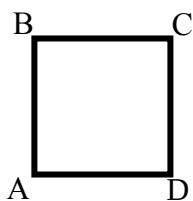


Рис. 71. К задаче 3.52

Рис. 72. К задаче 3.53

Рис. 73. К задаче 3.54

- 3.55. Мяч упал с высоты 3 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 1 м. Найти путь и перемещение мяча.

- 3.56. Какую систему координат (одномерную, двухмерную или трехмерную) следует выбрать для определения положения таких тел: а) трактор в поле; б) лифт; в) шахматная фигура; г) поезд; д) вертолет.
- 3.57. Человек, сидящий на вращающейся карусели, видит, что относительно нее он неподвижен, а окружающие его предметы и Земля движутся. Что является в данном случае телом отсчета?
- 3.58. Автомобиль дважды проехал вокруг Москвы по кольцевой дороге, длина которой 109 км. Чему равны пройденный автомобилем путь и перемещение?
- 3.59. На рисунке 74 показана траектория движения материальной точки из А в В. Найти координаты точки в начале и конце движения, проекции перемещения на оси координат, модуль перемещения.
- 3.60. На рисунке 75 показана траектория ABCD движения материальной точки из А в D. Найдите координаты точки в начале и конце движения, пройденный путь, перемещение, проекции перемещения на оси координат.

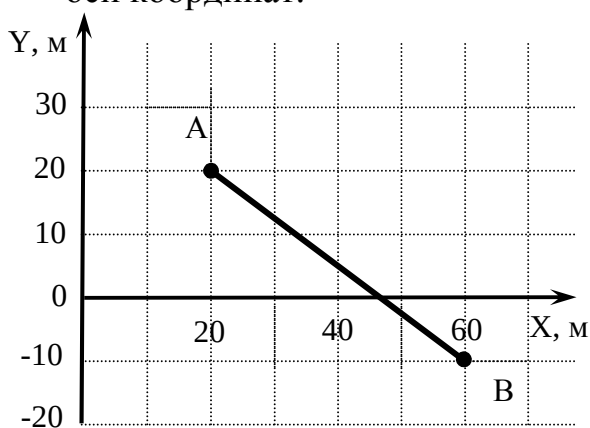


Рис. 74. К задаче 3.63

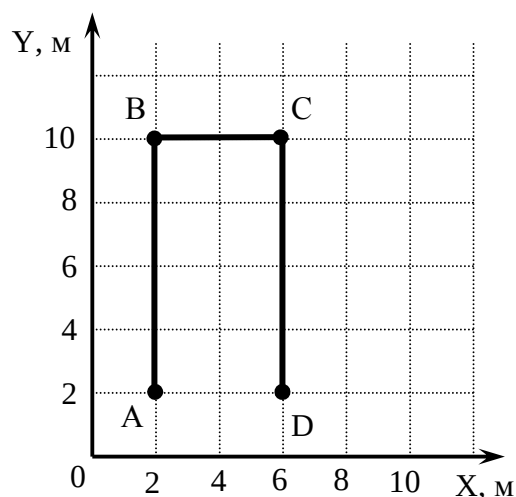


Рис. 75. К задаче 3.64

- 3.61. По заданным графикам (рис. 76) найти начальные координаты тел и проекции скорости их движения. Написать уравнения движения тел $x = x(t)$. Из графиков и уравнений найти время и место встречи тел, движения которых описываются графиками II и III.
- 3.62. Одинаковые ли пути проходят электровоз и хвостовой вагон при движении поезда?
- 3.63. Вперед или назад движется рама велосипеда относительно верхней части колеса?
- 3.64. Графики движения двух тел представлены на рисунке 77. Написать уравнения движения $x = x(t)$. Что означают точки пересечения графиков с осями координат?

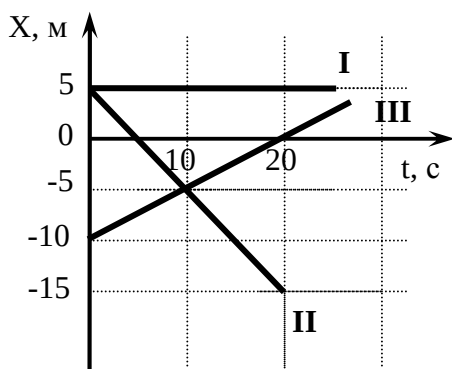


Рис. 76. К задаче 3.61

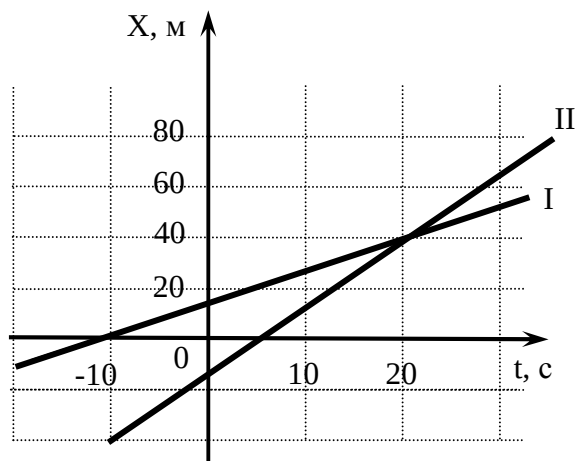


Рис. 77. К задаче 3.64

- 3.65. Движения двух велосипедистов заданы уравнениями $x_1 = 5t$, и $x_2 = 150 - 10t$. Построить графики зависимости $x(t)$. Найти время и место встречи.
- 3.66. Можно ли утверждать, что точка движется без ускорения в случаях: а) $v = \text{const}$ б) $\vec{v} = \text{const}$?
- 3.67. Является ли движение точки обязательно прямолинейным в случаях: а) $\vec{v} = \text{const}$; б) $\vec{a} = \text{const}$.
- 3.68. Точка М движется равномерно по свертывающейся плоской спирали (рис. 78). Как изменяется модуль ускорения точки?
- 3.69. На рисунке 79 показан вектор скорости в начальный момент времени и вектор ускорения материальной точки. Написать уравнение $v_y = v_y(t)$ и построить график для первых 6 с движения, если $v_0 = 30$ м/с, $a = 10$ м/с². Найти скорости через 2, 3, 4 с.
- 3.70. Катер прошел по озеру в направлении на северо-восток 2 км, а затем в северном направлении еще 1 км. Найти геометрическим построением модуль и направление перемещения.
- 3.71. Скорость штормового ветра равна 30 м/с, а скорость автомобиля «Жигули» достигает 150 км/ч. Может ли автомобиль двигаться так, чтобы быть в покое относительно воздуха?

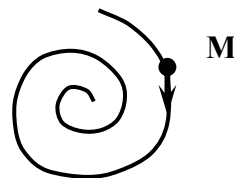


Рис. 78. К задаче 3.68



Рис. 79. К задаче 3.69

3.72. Скорость велосипедиста 36 км/ч, а скорость ветра 4 м/с. Какова скорость ветра в системе отсчета, связанной с велосипедистом:
а) встречном ветре; б) попутном ветре?

3.73. На рисунке 80 представлен график перемещения тела. Что характеризует первая, вторая и третья части графика? Какой путь тело прошло за первые две секунды? За последние две секунды?

Сколько времени оно находилось в движении?

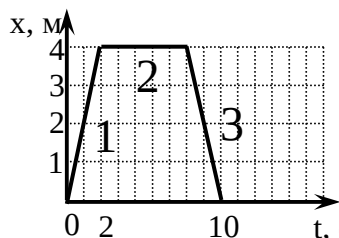


Рис. 80. К задаче 3.73

3.74. По графикам (рис. 81) написать уравнения: 1) $v_x = v_x(t)$; 2) $x = x(t)$.

Считать, что в начальный момент ($t=0$), все тела находятся в начале координат.

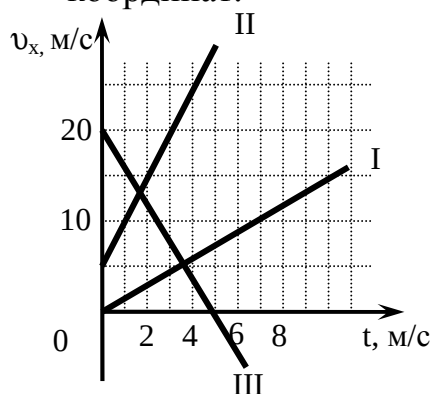


Рис. 81. К задаче 3.74

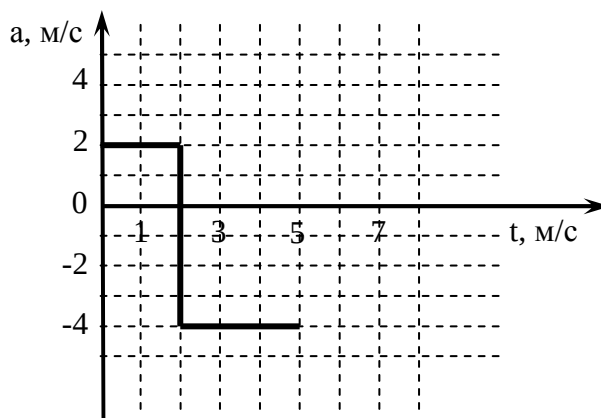


Рис. 82. К задаче 3.75

3.75. По графику зависимости $a(t)$, приведенному на рисунке 82, постройте графики $v(t)$ и $x(t)$. Начальная скорость и начальная координата тела равны нулю.

3.76. Три тела брошены с одинаковыми по модулю скоростями под разными углами к горизонту (рис. 83).

Выяснить:

- какое тело поднимется выше других?
- какое тело улетит дальше всех?
- какое тело будет двигаться дольше всех?
- какое тело улетит ближе всех?

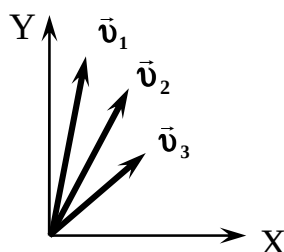


Рис. 83. К задаче 3.76

д) продолжительность полета какого тела будет наименьшей?

3.77. Шкив А, приводимый во вращение электромотором, делает 1800 об/мин (рис. 84). Сколько оборотов будет делать шкив В?

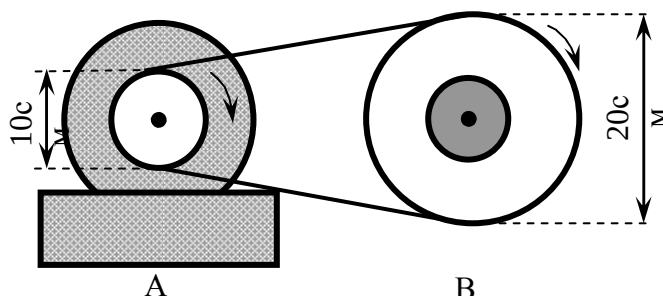


Рис. 84. К задаче 3.77

3.78. На рисунке 85 стрелками показаны направления вращения диска и указано уменьшается или увеличивается скорость со временем. Укажите номер рисунка, на котором правильно показано направление углового ускорения.

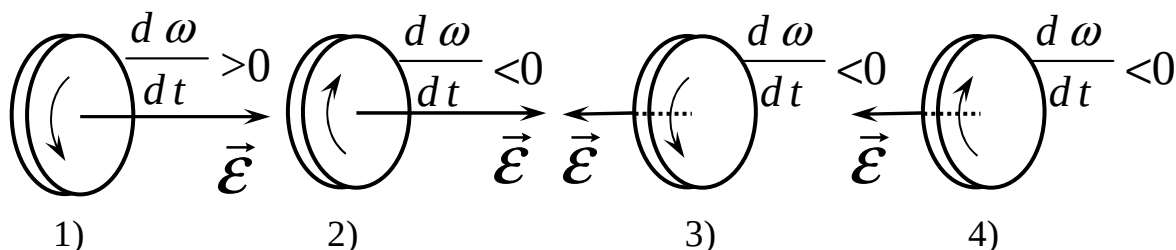


Рис. 85. К задаче 3.78

3.79. Скорость точки, движущейся по окружности, уменьшается по модулю. На каком рисунке (рис. 86) правильно показан вектор полного ускорения?

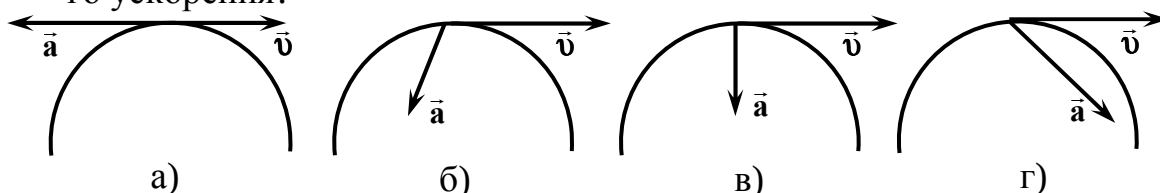


Рис. 86. К задаче 3.79

3.80. Заполните таблицу 12.

Таблица 12

№ п/п	Название физической величины	Условное обозначение	Единица в СИ	Векторная (скалярная) величина
1	Промежуток времени	Δt	1с	скалярная
2	Скорость			
3	Ускорение			
4		g		

Продолжение таблицы 12

5	Путь			
6	Перемещение			
7	Угол поворота			
8	Период вращения			
9	Частота вращения			
10	Число оборотов			
11	Угловая скорость			
12	Плотность вещества			

3.81. Заполните таблицу 13 для равноускоренного движения тела. Количество промежуточных выражений не должно превышать предлагаемое в таблице число операций по выражению искомой величины.

Таблица 13

№ п/п	Дано	Найти	Промежуточные выражения	Конечная формула
1	$v_0 = 0, v, a.$	$t - ?$	$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v}{t}$ 1)	$t = \frac{v}{a}$
2	$v_0 = 0, a, S.$	$t - ?$	1) 2)	
3	$v_0 = 0, S, t.$	$v - ?$	1) 2) 3) 4)	
4	$v_0 = 0, S, v.$	$a - ?$	1) 2) 3)	
5	$v_0 = 0, t, S.$	$a - ?$	1) 2) 3)	
6	$S, t, a.$	$v_0 - ?$	1) 2)	
7	$v_0 = 0, a, S.$	$v - ?$	1) 2) 3)	
8	$v = 0, v_0, t$	$S - ?$	1) 2)	

- 3.82. Движение тела задано уравнениями: $x = a + bt$, $y = 0$, $z = 0$, где a и b – постоянные величины; t – время движения тела. Определите скорость тела и характер его движения.
- 3.83. Движение тела задано уравнениями: $x = 0$, $y = a + bt + ct^2$, $z = 0$.
Определите характер движения тела, его ускорение и зависимость скорости от времени.
- 3.84. Тело прошло за первую секунду 1 м, за вторую 2 м, за третью 3 м и т.д. Является ли такое движение равноускоренным? Равномерным?
- 3.85. Начертите графики зависимости высоты, скорости и ускорения от времени для тела, брошенного вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 3.86. На рис. 87 дан график ускорения некоторого движения. Определить характер этого движения в отдельные интервалы времени. Построить графики зависимости скорости, перемещения и пути от времени. Начальная скорость тела равна нулю.
- 3.87. На рис. 88 приведена фотография движущегося шарика, снятого в стробоскопическом освещении с интервалом времени между вспышками, равными $\Delta t = 0,02$ с. Определите ускорение движения шарика и зависимость его скорости от времени.

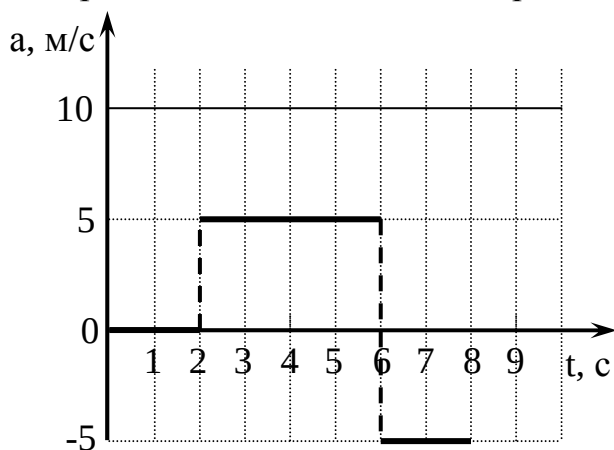


Рис. 87. К задаче 3.86

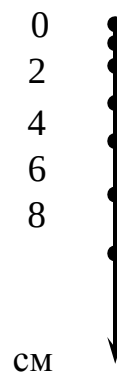


Рис. 88. К задаче 3.87

Тестовые задания

3.88. Какое из движений (рис. 89) является поступательным?

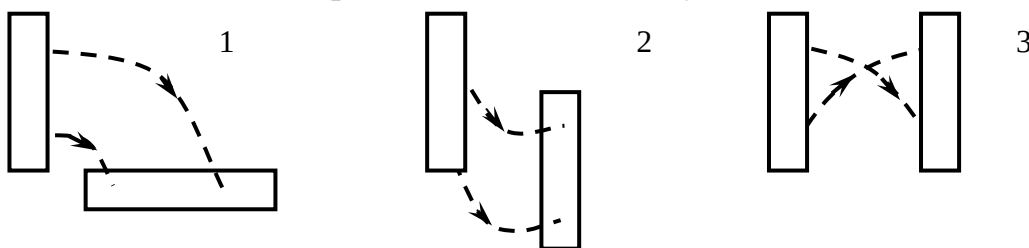


Рис. 89. К задаче 3.88

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 1 и 2; 5) Ни одно из приведенных движений не является поступательным.

3.89. Материальная точка –

- 1) это тело, взаимодействие которого с другими телами можно не учитывать;
- 2) это тело, размеры и масса которого пренебрежимо малы;
- 3) это тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи;
- 4) это тело, имеющее очень маленькие размеры.

3.90. Точки 1, 2, 3 и 4 движутся вдоль оси X. На рис. 90 изображены зависимости проекций ускорений этих точек от времени. Какая из точек движется равномерно?

- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

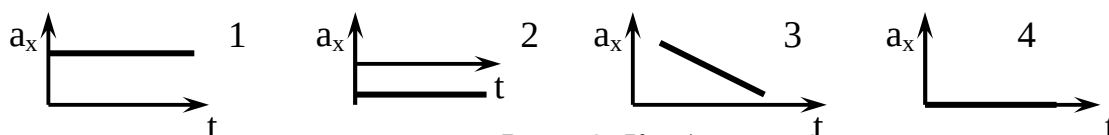


Рис. 90. К задаче 3.90

3.91. Тележка катится вдоль прямой. При исследовании зависимости координаты тележки от времени были получены результаты, приведенные в таблице 14. Что можно сказать о скорости движения тележки?

Таблица 14

t, с	0	1	2	3	4	5
x, см	0	16	36	60	87	98

- 1) Скорость не изменяется.
- 2) Скорость возрастает.
- 3) Скорость уменьшается.

- 4) Скорость возрастает в первые четыре секунды, а затем уменьшается.
- 3.92. На рис. 91 изображен график изменения координаты x в какой промежуток времени проекция скорости на ось X была постоянной?
- 1) От 0 до 2 с; 2) От 2 до 5 с; 3) От 5 до 8 с;
4) Такого промежутка нет.
- 3.93. Точка движется вдоль оси X . На рисунке 92 показана зависимость проекции скорости от времени. Для интервала времени от 2 до 8 с определите путь S , пройденный точкой, и величину проекции вектора перемещения точки на ось X – r_{12x} .
- 1) $S = 7$ м, $r_{12x} = 5$ м; 2) $S = 13$ м, $r_{12x} = 1$ м;
3) $S = 8$ м, $r_{12x} = 8$ м; 4) $S = 19$ м, $r_{12x} = 8$ м.

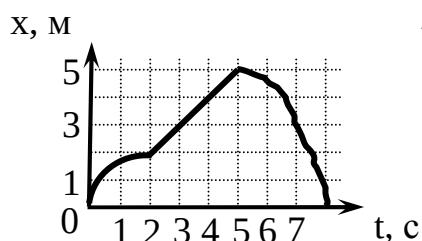


Рис. 91. К задаче 3.92

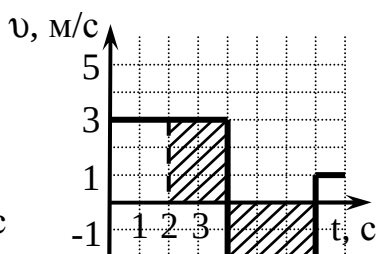


Рис. 92. К задаче 3.93

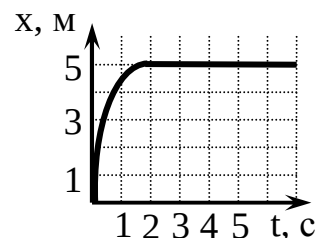


Рис. 93. К задаче 3.94

- 3.94. Шарик катится по желобу. Изменение координаты движения шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на рисунке 93. О чем говорит этот график?
- 1) Скорость шарика постоянно увеличивается.
2) В первые две секунды шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился.
3) На шарик действовала все увеличивающаяся сила.
4) В первые две секунды скорость шарика возрастала, а затем стала постоянной.
- 3.95. При помощи дальномера измеряли расстояние от маяка до двух кораблей. Результаты наблюдений были оформлены в виде графиков (рис. 94). О чем говорят эти графики?
- 1) Через 30 мин корабли встретились.
2) Через 30 мин корабли находились на одинаковом расстоянии от маяка.

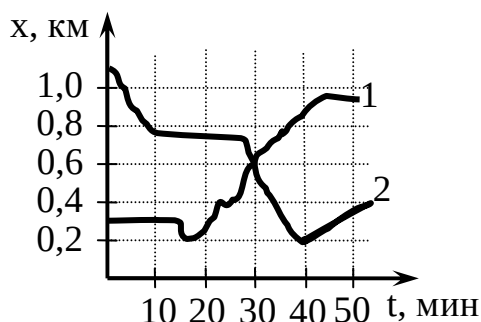


Рис. 94. К задаче 3.95

3) Через 40 мин корабль 2 изменил направление движения.

4) У корабля 1 скорость больше.

3.96. Материальная точка движется ускоренно по окружности радиуса R . Какой из графиков (1, 2, 3 или 4, рис. 95) характеризует зависимость модуля центростремительного ускорения от скорости v ?

3.97. Тело движется вдоль оси x . Зависимости проекции скорости тела v_x от времени t (рис. 96). В течение какого промежутка времени модуль ускорения тела был наименьшим?

1) 0–1 с; 2) 1–2 с; 3) 2–3 с; 4) 3–5 с.

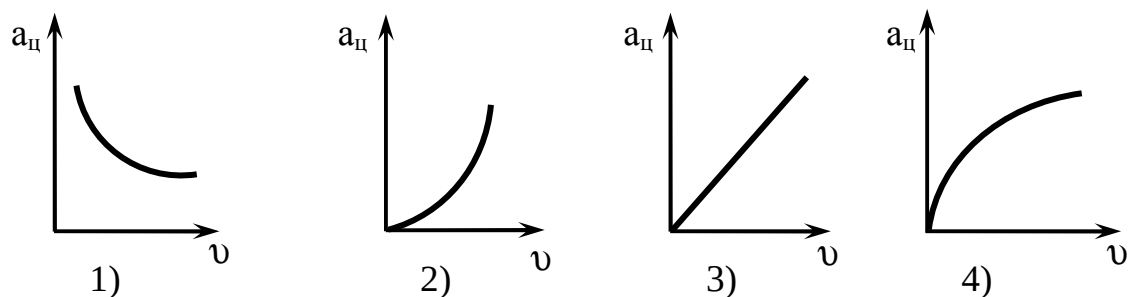


Рис. 95. К задаче 3.96

3.98. Тело, брошенное вертикально вверх со скоростью $\vec{v}$, через некоторое время упало на Землю. Какой график (1, 2, 3 или 4, рис. 97) соответствует зависимости проекции скорости на ось Ox от времени движения? Ось Ox направлена вертикально вниз.

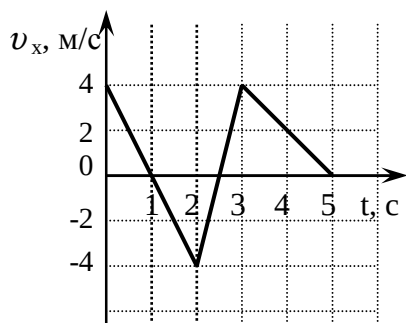


Рис. 96. К задаче 3.97

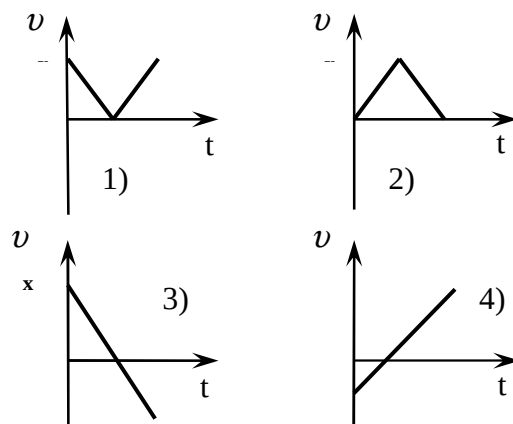


Рис. 97. К задаче 3.98

3.99. В вагоне поезда, скорость которого v_1 равна 1 м/с, навстречу движению идет пассажир со скоростью $v_2 = 1,5$ м/с (рис. 98). Чему равна по модулю и куда направлена скорость пассажира для людей, стоящих на платформе?

1) 0,5 м/с, в право;

- 2) 2,5 м/с, влево;
- 3) 0;
- 4) 0,5 м/с, влево.

3.100. Тело бросили по углом 60° к горизонту. Какое из показанных на рисунке 99 направлений (1, 2, 3 или 4) совпадает с направлением вектора ускорения тела в точке А траектории?

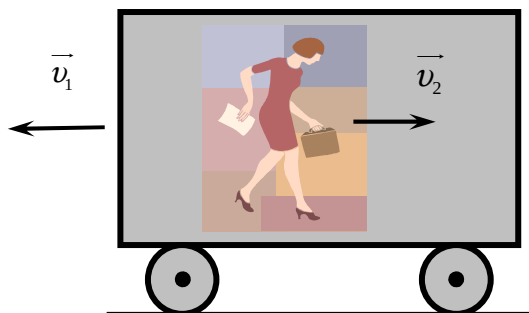
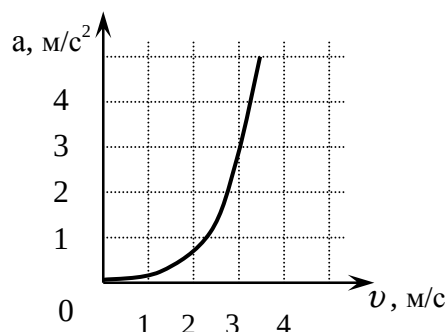


Рис. 98. К задаче 3.99

3.101. Мальчик катается на карусели. На рисунке 100 показан график изменения центростремительного ускорения мальчика в зависимости от линейной скорости его движения. Масса мальчика равна 40 кг. На каком расстоянии от оси вращения карусели находится мальчик?



- 1) 0,075 м;
- 2) 0,33 м;
- 3) 1,7 м;
- 4) 3 м.

Рис. 100. К задаче 3.101

3.102. Зависимость координаты тела от времени представлена на рис. 101, А. На каком из приведенных графиков (1, 2, 3 или 4) правильно изображена зависимость проекции скорости v_x этого тела на ось x от времени

3.103. Две материальные точки движутся по окружностям радиусами R_1 и R_2 , причем $R_2 = 2R_1$. При условии равенства линейных скоростей точек их центростремительные ускорения связаны соотношением

- 1) $a_1 = 2a_2$; 2) $a_1 = a_2$; 3) $a_1 = 1/2 a_2$; 4) $a_1 = 4a_2$.

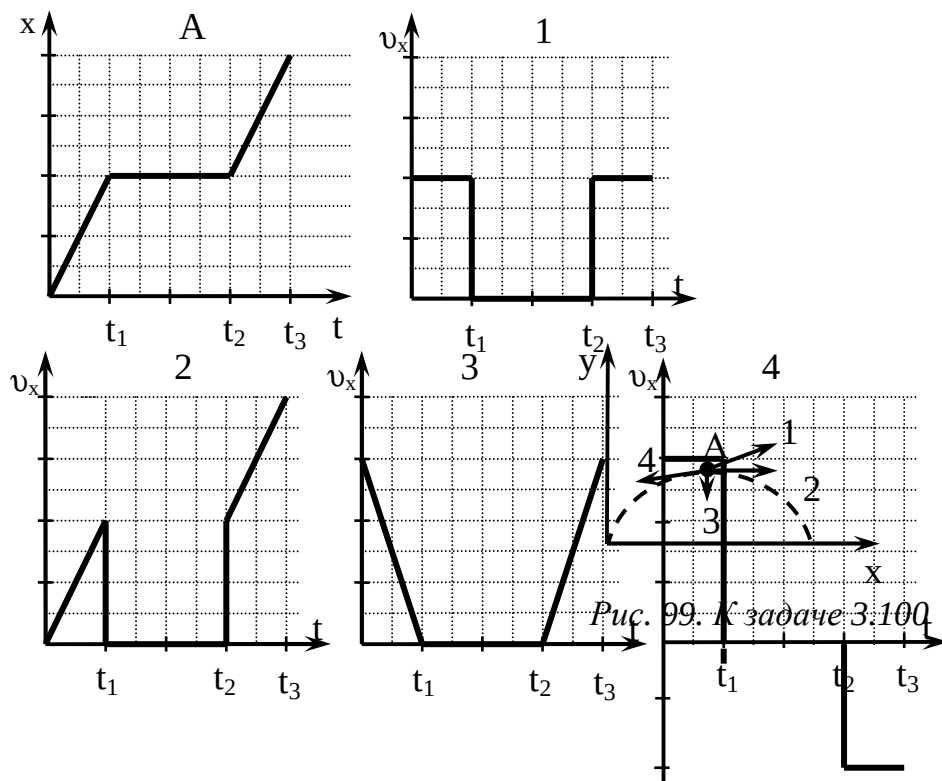


Рис. 101. К задаче 3.102

3.104. Тело движется по окружности радиусом R с постоянной скоростью. Зависимость модуля центростремительного ускорения от времени представлена графиком (рис. 102):

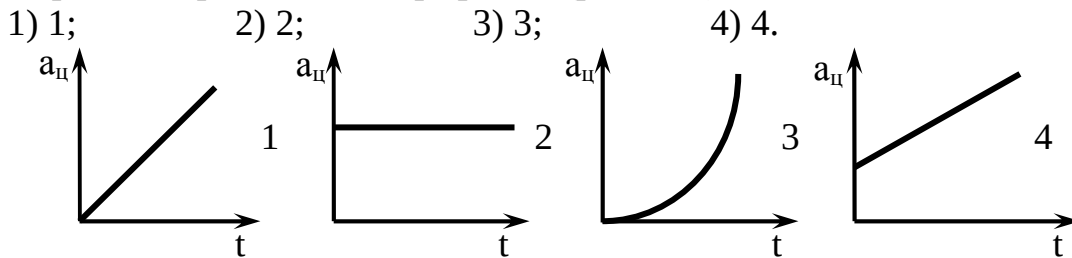


Рис. 102. К задаче 3.104

3.105. В случае неравномерного движения полное ускорение материальной точки определяется выражением (укажите правильный ответ).

- | | |
|---|---|
| 1. $a = a_n + a_\tau$; | 2. $a^2 = a_n^2 + a_\tau^2$; |
| 3. $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$; | 4. $\vec{a} = \vec{a}_n - \vec{a}_\tau$. |

Здесь: $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$ – векторы нормальной и тангенциальной составляющих ускорения $\vec{a}$, a_n и a_τ – модули этих векторов.

3.106. В каком случае движение является равнопеременным криволинейным? Если.... (укажите правильный ответ):

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. $a_\tau = 0; a_n = 0;$ | 2. $a_\tau = 0; a_n = \text{const};$ |
| 3. $a_\tau = 0; a_n = \text{const};$ | 4. $a_\tau = \text{const}; a_n \neq 0.$ |

3.107. В каком случае движение является равнопеременным движением по окружности? Если.... (укажите правильный ответ):

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. $a_\tau = 0; a_n = 0$ | 2. $a_\tau = \text{const}; a_n = 0$ |
| 3. $a_\tau = \text{const}; a_n = \text{const}$ | 4. $a_\tau = 0; a_n = \text{const}$ |

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.108. Пешеход и поезд движутся в одном направлении по мосту. Длина моста 300 м, длина поезда 100 м. Скорость пешехода 2 м/с, скорость поезда 18 км/ч. На сколько времени пешеход будет идти по мосту дольше, чем поезд?

3.109. В момент начала наблюдения ракета находилась в точке с координатами $x_0 = 500$ м и $y_0 = 0$ и двигалась равномерно и прямолинейно со скоростью $v = 0,8$ км/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Напишите уравнение координаты ракеты $x = x(t)$ и $y = y(t)$ и уравнение траектории ракеты $y = y(x)$?

3.110. Пароход идет по реке от пункта А до пункта В со скоростью 10 км/ч, а обратно – со скоростью 16 км/ч. Найти среднюю скорость парохода и скорость течения реки?

3.111. Тело треть пути проехало со скоростью v_1 , а оставшуюся часть пути – со скоростью v_2 . Найти среднюю скорость на всем пути, пройденном этим телом.

3.112. Длина разбега при взлете самолета Ту-154 равна 1215 м, а скорость отрыва от земли 270 км/ч. Длина пробега при посадке этого самолета 710 м, а посадочная скорость 230 км/ч. Сравнить ускорения (по модулю) и время разбега и посадки.

3.113. Пуля в стволе автомата Калашникова движется с ускорением 616 км/с^2 . Какова скорость вылета пули, если длина ствола 41,5 см?

3.114. При скорости 15 км/ч тормозной путь автомобиля равен 1,5 м. Каким будет тормозной путь при скорости 90 км/ч? Ускорение в обоих случаях одно и тоже.

- 3.115. Автомобиль двигался с постоянной скоростью 2 м/с, а затем его движение стало равноускоренным и он за 20 с прошел путь 150 м. Какова конечная скорость автомобиля?
- 3.116. Уклон длиной 100 м лыжник прошел за 20 с, двигаясь с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$. Какова скорость лыжника в начале и в конце уклона?
- 3.117. Поезд отошел от станции и в течение 20 с двигался равноускоренно. Найдите путь, пройденный поездом за 20 с, если известно, что за десятую секунду он прошел путь 5 м.
- 3.118. Движения четырех материальных точек заданы следующими уравнениями (соответственно): $x_1 = 10t + 0,4t^2$; $x_2 = 2t + t^2$; $x_3 = -4t + 2t^2$; $x_4 = -t - 6t^2$. Написать уравнение $v_x = v_x(t)$ для каждой точки; построить графики этих зависимостей; описать движение каждой точки.
- 3.119. Велосипедист начал свое движение из состояния покоя и в течение первых 4 с двигался с ускорением 1 м/с^2 ; затем в течение 0,1 мин он двигался равномерно и последние 20 м – равнозамедленно до остановки. Найти среднюю скорость за все время движения. Построить график зависимости $v_x(t)$.
- 3.120. Движение двух автомобилей по шоссе заданы уравнениями $x_1 = 2t + 0,2t^2$ и $x_2 = 80 - 4t$. Описать картину движения. Найти: а) время и место встречи автомобилей; б) расстояние между ними через 5 с от начала отсчета времени; в) координату первого автомобиля в тот момент времени, когда второй находился в начале отсчета.
- 3.121. Движение двух мотоциклистов заданы уравнениями $x_1 = 15 + t^2$ и $x_2 = 8t$. Описать движение каждого мотоциклиста; найти время и место встречи.
- 3.122. Лодка движется перпендикулярно к берегу со скоростью 7,2 км/ч. Течение относит ее на 150 м вниз по реке. Найти скорость течения реки и время, затраченное на переправу через реку. Ширина реки 0,5 км.
- 3.123. Эскалатор метро спускает неподвижно стоящего человека за 1,5 мин. По неподвижному эскалатору человек спускается за 2 мин. За сколько времени спуститься человек по движущемуся эскалатору? Скорость эскалатора и человека во всех случаях неизменны.
- 3.124. Два поезда идут по параллельным путям навстречу друг другу. Скорость первого поезда v_1 , его длина L_1 . Скорость второго в полтора раза меньше. Длина второго поезда на 25% больше, чем пер-

- вого. В течение какого времени первый поезд проходит мимо второго?
- 3.125. По параллельным железнодорожным путям едут в одном направлении два поезда: пассажирский со скоростью 72 км/ч и товарный со скоростью 36 км/ч. Длина одного вагона пассажирского поезда 25 м, а состоит он из 10 вагонов. Длина одного вагона товарного поезда такая же, но в нем на $\Delta N = 3$ вагона меньше. В течение какого времени пассажирский поезд будет обгонять товарный?
- 3.126. Вагон движется по горизонтальному прямолинейному участку пути с ускорением a . Пассажир, находящийся в вагоне, бросает камень. Чему равно ускорение камня относительно вагона и относительно Земли?
- 3.127. Со скалы высотой 200 м брошены вниз два тела: сначала одно, а затем второе. Оба тела упали на землю одновременно. На сколько времени второе тело брошено позже первого, если начальная скорость первого тела равна нулю, а второго 4 м/с? Падение считать свободным.
- 3.128. Во сколько раз быстрее тело проходит при свободном падении без начальной скорости сотый сантиметр пути по сравнению с первым сантиметром?
- 3.129. Двум телам, находящимся на большой высоте h над Землей, сообщены скорости $v = 6$ м/с, $u = 4$ м/с. Скорость v направлена вертикально вверх, скорость u – вертикально вниз. Через сколько времени расстояние между телами станет равным $l = 20$ м? Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 3.130. Навстречу друг другу начинают двигаться два тела: первое – снизу с постоянной скоростью $v = 20$ м/с, направленной вертикально вверх, второе падает сверху с высоты $h = 105$ м с начальной скоростью, равной нулю. На каком расстоянии от Земли и через сколько времени произойдет встреча тел? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения принять за 10 м/с^2 .
- 3.131. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с. На какой высоте и через, сколько времени скорость тела будет вдвое меньше первоначальной скорости v_0 ? Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 3.132. Стрела, выпущенная из лука вертикально вверх, упала на землю через 4 с. С какой скоростью была выпущена стрела? На какую высоту она поднялась?
- 3.133. Дальность полета тела, брошенного со скоростью v_x в горизонтальном направлении, равна высоте бросания. С какой высоты h брошено тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

- 3.134. Мяч брошен с поверхности земли под углом к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. За 2 секунды он смещается по горизонтали на 20 м. Определите угол, под которым был брошен мяч.
- 3.135. Тело брошено под углом α к горизонту со скоростью v_0 . Определить скорость этого тела на высоте h над горизонтом. Зависит ли эта скорость от угла бросания?
- 3.136. Под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту брошено тело с начальной скоростью 20 м/с. Через сколько времени оно будет двигаться под углом 45° к горизонту?
- 3.137. Камень брошен под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту со скоростью $v_0 = 10$ м/с. Определить радиус кривизны R его траектории:
 а) в верхней точке;
 б) в момент падения на Землю.
- 3.138. Самолет пикирует со скоростью v под углом α к горизонту (рис. 103) и сбрасывает бомбу на высоте H над землей. Сколько времени падала бомба и какова дальность ее полета по горизонтали? Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 3.139. Из вращающегося вокруг вертикальной оси шланга бьет струя воды, вылетающая со скоростью $v_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (рис. 104). Чему равна площадь круга S , описываемая упавшей на Землю водой, если сопротивление воздуха уменьшает на 20% дальность полета струи по горизонтали.
- 3.140. Частота вращения воздушного винта самолета 1500 об/мин. Сколько оборотов делает винт на пути 90 км при скорости 180 км/ч?
- 3.141. Угловая скорость лопастей вентилятора 6,28 рад/с. Найти число оборотов за 30 мин.

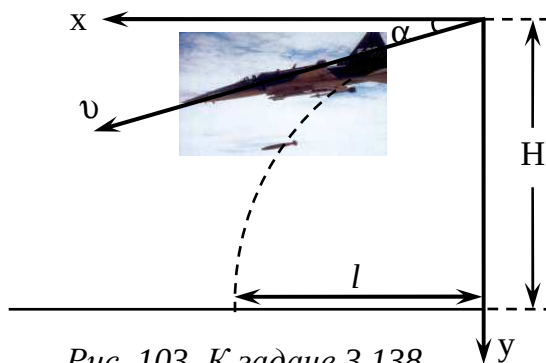


Рис. 103. К задаче 3.138

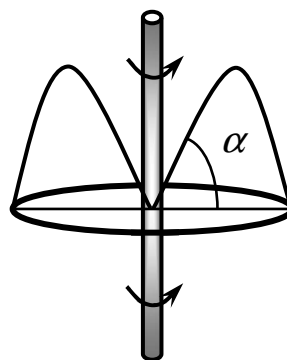


Рис. 104. К задаче 3.139

- 3.142. Частота вращения винта самолета 1800 об/мин. Какой путь пролетел самолет, двигаясь прямолинейно и равномерно, за время, в

- течение которого винт сделал $5 \cdot 10^4$ оборотов при скорости самолета 240 км/ч?
- 3.143. Диаметр передних колес трактора в 2 раза меньше, чем задних. Сравнить частоты вращения колес при движении трактора.
- 3.144. Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее секундной. Найти отношение скоростей концов стрелок.
- 3.145. С какой скоростью автомобиль должен проходить середину выпуклого моста радиусом 40 м, чтобы центростремительное ускорение равнялось ускорению свободного падения?
- 3.146. Найти центростремительное ускорение точек колеса автомобиля, соприкасающегося с дорогой, если автомобиль движется со скоростью 72 км/ч и при этом частота вращения колеса 8 с^{-1} ?
- 3.147. Найти линейную скорость вращения точек земной поверхности на широте Санкт-Петербурга ($\varphi = 60^\circ$).
- 3.148. Путь, пройденный точкой при ее движении по окружности, изменяется с течением времени по закону $S = 6,28t$. Найти частоту оборотов точки, если радиус окружности 10 см.
- 3.149. Материальная точка подвешена на нити длиной $l = 1 \text{ м}$ и равномерно движется в горизонтальной плоскости (рис. 105). При этом ее центростремительное ускорение 10 м/с^2 . Определить период движения точки Т, если нить образует с вертикалью угол $\alpha = 60^\circ$.
- 3.150. Стержень длиной $l = 1 \text{ м}$ (рис. 106) вращается вокруг перпендикулярной ему оси так, что один его конец движется с линейной скоростью $v_1 = 0,4 \text{ м/с}$. Период вращения стержня 4 с. Чему равна линейная скорость v_2 другого конца?

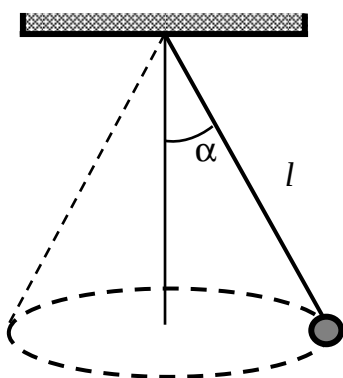


Рис 105. К задаче 3.149

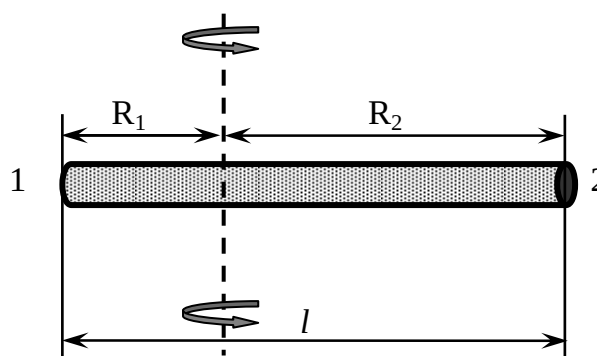


Рис. 106. К задаче 3.150

- 3.151. Материальная точка движется по окружности с постоянной угловой скоростью $\omega = \pi/6$ рад/с. Во сколько раз путь ΔS , пройденный точкой за 4 с, будет больше модуля ее перемещения Δr ? Принять, что в данный момент начала отсчета времени радиус-вектор $\vec{r}$, задающий положение на окружности, относительно исходного положения был повернут на угол $\varphi_0 = \pi/3$ рад.
- 3.152. За какое время тело, начавшее свободное падение из состояния покоя, пройдет путь 19,6 м? Какова будет его скорость v в конце пути и v_1 на середине пути? Какова будет средняя скорость этого тела на данном пути?
- 3.153. Сколько времени и с какой высоты свободно падало тело, если за последние 1,5 с оно прошло 45 м? Начальная скорость $v_0 = 0$.

Уровень В

- 3.154. Два велосипедиста движутся навстречу друг другу по двум взаимно перпендикулярным дорогам. Скорость первого велосипедиста относительно дороги равна 6 м/с, а скорость второго 4 м/с. Определите скорость первого велосипедиста относительно второго.
- 3.155. В безветренную погоду капли дождя падают вертикально со скоростью 8 м/с относительно земли. Скорость поезда 54 км/ч. Под каким углом α к вертикали будут падать капли на стекло движущегося вагона? Чему равна скорость капель относительно поезда?
- 3.156. Пловцу предстоит переплыть реку шириной H из точки M в точку N . (рис. 107). Расстояние от точки O , расположенной напротив точки M , до точки N равно l , скорость течения v_0 . С какой минимальной скоростью относительно воды $v_{1\min}$ пловец может плыть, чтобы попасть в точку N на противоположном берегу?
- 3.157. На клин, плоскость которого составляет угол α с горизонтом, положили тело A (рис. 108). Какое ускорение необходимо сообщить телу в горизонтальном направлении, чтобы тело A свободно падало вертикально вниз?
- 3.158. Зависимость координаты материальной точки от времени дается уравнением $x = 2 - t + 0,4t^2$. Определить скорость и ускорение точки через 2 с от начала движения. Движение точки прямолинейное.
- 3.159. Под каким углом к горизонту нужно бросить тело, чтобы наибольшая высота подъема тела была равна дальности полета, если на тело действует встречный ветер, сообщающий ему ускорение a ?

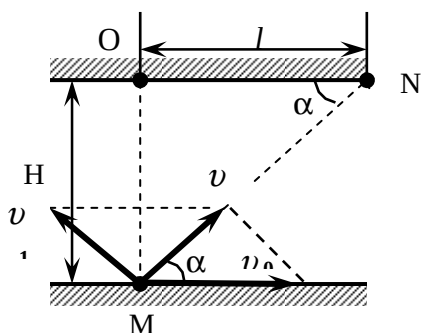


Рис. 107. К задаче 3.156

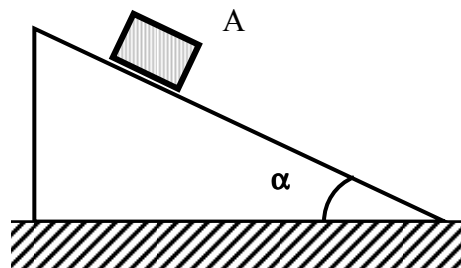


Рис. 108. К задаче 3.157

3.160. Из миномёта ведут обстрел объекта (рис. 109), расположеного на склоне горы. Угол наклона горы $\beta = 30^\circ$, угол стрельбы $\alpha = 60^\circ$ по отношению к горизонту. На каком расстоянии $l = AB$ будут падать мины, если их начальная скорость v_0 ?

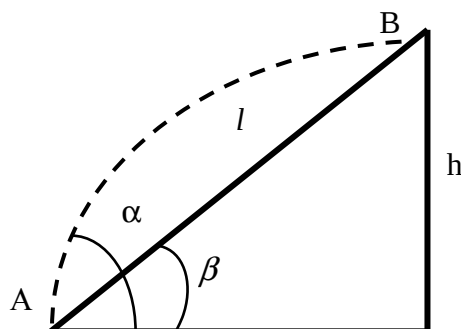


Рис. 109. К задаче 3.160

- 3.161. Колесо радиусом $R = 5$ см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $B = 1$ рад/с³. Для точек, лежащих на ободе колеса, найти изменение тангенциального ускорения Δa_τ за единицу времени.
- 3.162. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса.
- 3.163. Колесо, вращаясь равнозамедленно, за 1 мин уменьшило свою частоту с 300 об/мин до 180 об/мин. Найти угловое ускорение колеса и число оборотов за это время.
- 3.164. Колесо радиусом 5 см вращается так, что зависимость угла поворота от времени дается уравнением $\varphi = 5A + Bt + Ct^2$, где $D = 1$ рад/с³. Для точек, лежащих на ободе колеса, найти изменение тангенциального (касательного) ускорения Δa_τ за единицу времени.
- 3.165. Автомобиль движется по окружности радиусом 250 м с постоянным касательным ускорением. При увеличении скорости от нуля до 10 м/с автомобиль прошел путь 100 м. Определите касательное, центростремительное и полное ускорение автомобиля в конце 25-й секунды после начала движения.

3.2.2. Динамика

Качественные и графические задачи

- 3.166. Почему трудно разбить орех на мягкой опоре и легко на твердой?
- 3.167. Лодочник, стоя одной ногой на пристани, другую ногу ставит в лодку и отталкивается от пристани. В каком случае ему удобнее сесть в лодку: когда она пустая или когда в лодке сидят люди?
- 3.168. Три кубика – из железа, меди и свинца – имеют одинаковые размеры. Какой из них имеет наибольшую (наименьшую) массу?
- 3.169. Два одинаковых ящика наполнены дробью: в одном крупная, в другом мелкая. Какой из них имеет большую массу?
- 3.170. Почему капли дождя при резком встряхивании слетают с одежды?
- 3.171. Положите на стакан почтовую открытку, а на нее – монету. Ударьте по открытке щелчком. Почему открытка отлетает, а монета падает в стакан?
- 3.172. Кирпич кладут на ладонь и ударяют по нему молотком. Почему рука, держащая кирпич, не ощущает боли от ударов молотка?
- 3.173. В ряде случаев на горизонтальном участке пути автомобиль, мопед и другие машины довольно длительное время продолжают свое движение при неработающем двигателе. На каком механическом свойстве тел основан этот свободный ход машины?
- 3.174. От чего зависит величина дополнительной нагрузки, испытываемой человеком, поднимающимся в ракете: от ускорения или от скорости, с которой он движется?
- 3.175. Почему бегущий человек, стремясь быстро и круто обогнуть столб или дерево, обхватывает его рукой?
- 3.176. Почему рулевой на гребной лодке, наклоняя свое тело в такт гребцам, увеличивает скорость лодки (рис. 110)?
- 3.177. Почему человек, несущий груз на спине, наклоняется вперед?
- 3.178. Когда человек несет ведро с водой в правой руке, он отклоняется влево и отставляет в сторону свободную левую руку. Для чего это делается?
- 3.179. Спускаясь с горы, лыжник слегка приседает (рис. 111). Почему?
- 3.180. В каком положении человек устойчивее: когда он сидит или когда стоит? Почему?



Рис. 110. К задаче 3.176

3.181. Когда у дерева положение центра тяжести выше: летом или осенью, когда листья опали?

3.182. Может ли центр тяжести тела человека лежать вне тела, и если может, то при каких условиях?



3.183. Объяснить, действия каких тел компенсируются в следующих случаях: а) подводная лодка покоится в толще воды; б) подводная лодка лежит на твердом дне.

Рис. 111. К задаче 3.179

3.184. Парашютист спускается, двигаясь равномерно и прямолинейно. Объяснить, действия, каких сил компенсируются.

3.185. Какие тела взаимодействуют при падении камня, движении спутника, автомобиля, парусной лодки?

3.186. Система отсчета жестко связана с лифтом. В каких из приведенных ниже случаев систему отсчета можно считать инерциальной? Лифт: а) свободно падает; б) движется равномерно вверх; в) движется ускоренно вверх; г) движется замедленно вверх; в) движется равномерно вниз.

3.187. Система отчета связана с автомобилем. Будет ли она инерциальной, если автомобиль движется: равномерно и прямолинейно по горизонтальному шоссе; в) равномерно, поворачивая на улицу, расположенную под прямым углом; г) равномерно в гору; д) равномерно с горы; е) ускоренно с горы?

3.188. Мяч, спокойно лежавший на столе вагона при равномерном движении поезда, покатился: а) вперед по направлению движения поезда; б) назад против движения; в) вбок. На какое изменение в движении поезда указывает каждый из перечисленных случаев?

3.189. Как движется поезд, если яблоко, упавшее со столика вагона в системе отсчета «Вагон»: а) движется по вертикали; б) отклоняется при падении вперед; в) отклоняется назад; г) отклоняется в сторону?

3.190. Два тела массами 400 и 600 г двигались друг другу навстречу и после удара остановились. Какова скорость второго тела, если первое двигалось со скоростью 3 м/с?

3.191. К центру однородного шара приложена сила F (рис. 112). В каком направлении движется шар?

3.192. Мяч после удара футболиста летит вертикально вверх. Указать и сравнить силы, действующие на мяч: а) в момент удара; б) во время полета мяча вверх; в) во время полета мяча вниз; г) при ударе о землю.

- 3.193. Человек стоит в лифте. Указать и сравнить силы, действующие на человека в следующих случаях: а) лифт неподвижен; б) лифт начинает движение вверх; в) лифт движется равномерно; г) лифт замедляет движение до остановки.

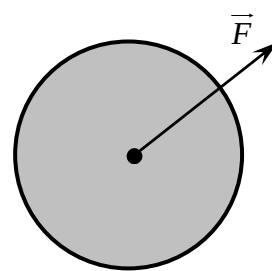


Рис. 112. К задаче 3.191

- 3.194. На рисунке 113 показаны силы, действующие на самолет, и направление скорости в какой-то момент времени ($\vec{F}$ – сила тяги, $\vec{F}_c$ – сила лобового сопротивления, $\vec{F}_m$ – сила тяжести; $\vec{F}_n$ – подъемная сила). Как движется самолет, если:

- а) $F_m = F_n$, $F = F_c$ б) $F_m = F_n$, $F > F_c$ в) $F_m > F_n$, $F = F_c$ г) $F_m < F_n$, $F = F_c$

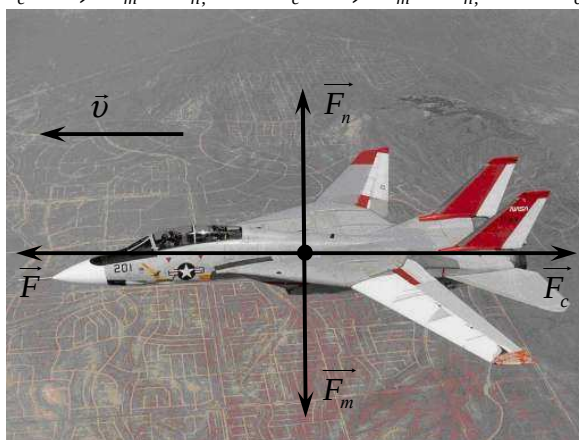


Рис. 113. К задаче 3.194

- 3.195. При каком соотношении сил, действующих на пузырек воздуха, поднимающегося со дна водоема, движение пузырька становится равномерным?
- 3.196. Может ли равнодействующая трех равных по модулю сил, приложенных в одной точке, быть равной нулю?
- 3.197. На рисунке 114 изображена поверхность жидкости в цистерне бензовоза при различных видах движения. В каком случае бензовоз движется равномерно? В каком – скорость увеличивается и в каком – замедляет движение?

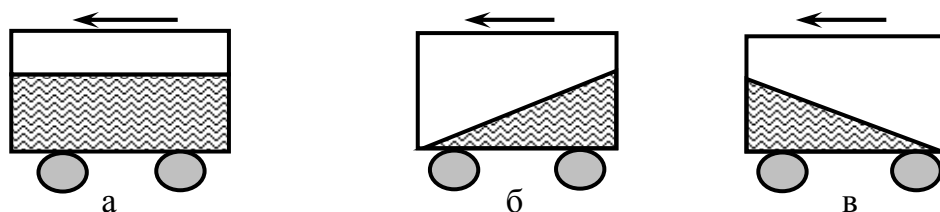


Рис. 114. К задаче 3.197

3.198. На рисунке 115 изображен груз, поднимаемый краном. Какая из стрелок изображает силу тяжести, вес груза?

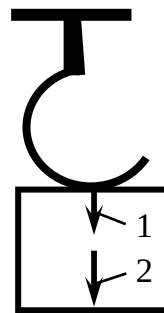


Рис. 115. К задаче 3.198

3.199. а) Если взвесить одно и то же тело на рычажных весах у подножия Эльбруса и на его вершине, то каков будет результат? Одинаков ли вес тела в этих двух местах? б) На чувствительных пружинных весах взвесили тело *A* у подножия горы, а тело *B* на тех же весах – на ее вершине. Показания весов оказались одинаковыми. Сравните массы тел.

3.200. Мальчик, поднявшись на лестницу, выпустил из рук сосуд с водой. Чему равно давление воды на дно во время падения?

3.201. Почему мел оставляет след на классной доске?

3.202. Какие силы уравниваются при равномерном движении автомобиля по горизонтальному участку дороги?

3.203. Парашютист массой 75 кг при раскрытом парашюте спускается с постоянной скоростью 6 м/с. Чему равна сила сопротивления воздуха при этом движении?

3.204. Дайте физическое обоснование пословице «Коси, коса, пока роса; роса долой, и мы домой». Почему при росе косить траву легче?

3.205. Автомашина с прицепом должна перевезти тяжелый груз. Куда его выгоднее поместить: в кузов автомашины или на прицеп? Почему?

3.206. Какой вид трения имеет место при катании на коньках и при катании на роликах?

3.207. На весах стоит человек. Как изменятся показания весов во время приседания человека? Что произойдет, если человек затем быстро встанет?

3.208. Почему лодка не сдвигается с места, когда человек, находящийся в ней давит на борт, и приходит в движение, если человек выйдет из лодки и будет толкать ее с такой же силой?

3.209. Нарушится ли равновесие весов (рис. 116) если удлинить нить так, чтобы гиря оказалась полностью погруженной в воду, но не касалась дна? Если обрезать нить и положить гирю на дно?

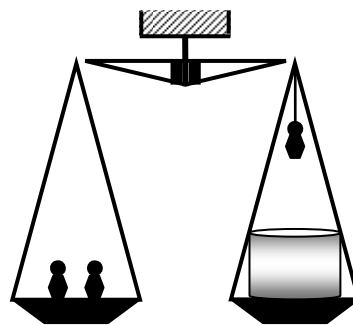


Рис. 116. К задаче 3.209

- 3.210. О ветровое стекло движущегося автомобиля ударился комар. Сравнить силы, действующие на комара и автомобиль во время удара.
- 3.211. Почему тело, подброшенное на Луне, будет во время полета находиться в состоянии полной невесомости, а на Земле такое тело можно считать невесомым лишь приближенно?
- 3.212. Одинаково ли одно и то же тело растягивает пружину динамометра на Земле и на Луне? На борту искусственного спутника Земли?
- 3.213. В лифте находится сосуд с водой, в котором плавает тело. Изменится ли глубина погружения тела при разгоне лифта? При торможении?
- 3.214. На графике (рис. 117) показано изменение перегрузок космонавта во время старта двухступенчатой ракеты. Каково ускорение ракеты после начала движения через 100 с; 150 с; 350 с? В какой момент времени космонавт находился в состоянии невесомости?

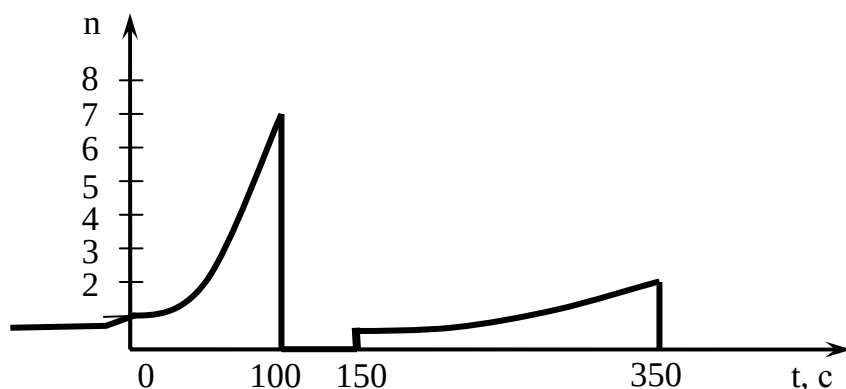


Рис. 117. К задаче 3.214

- 3.215. На рисунке 118 изображена подставка со стоящей на ней гирей. Укажите точку приложения (А, В, С): 1) силы тяжести действующей на гирю; 2) веса гири; 3) силы реакции опоры (подставки) действующей на гирю. Как направлена каждая из сил?
- 3.216. Что легче, тянуть тачку за собой или толкать ее впереди себя (рис. 119)?

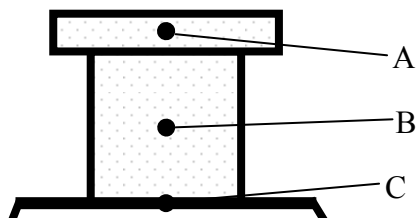


Рис. 118. К задаче 3.215

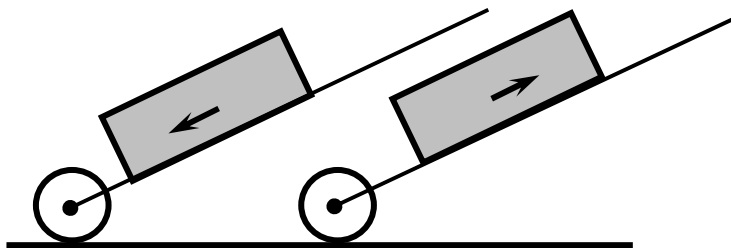


Рис. 119. К задаче 3.216

3.217. С каким ускорением a_1 надо поднимать гирю, чтобы ее вес увеличился вдвое? С каким ускорением a_2 надо ее опускать, чтобы вес уменьшился вдвое?

3.218. При увеличении величины удлинения пружины под действием силы упругости получены данные, помещенные в таблице 15. Результаты одного измерения по ошибке пропущены? Какова величина силы упругости при удлинении пружины, равном 1,5 см?

Таблица 15

$F_{\text{упр}}, \text{Н}$	1	1,5		4	4,5
$L, \text{см}$	0,6	0,9	1,5	2,4	2,7

3.219. При выполнении лабораторной работы по изучению удлинения пружины под действием внешней силы F ученик заполнил следующую таблицу 16. При проведении, какого опыта он, вероятнее всего, допустил ошибку?

Таблица 16

№ опыта	1	2	3	4	5
$F_{\text{внешняя}}, \text{Н}$	5	10	15	20	25
$\Delta l, \text{м}$	0,012	0,024	0,041	0,048	0,060

3.220. На диаграмме (рис. 120) отмечен вес летчика при полете в сверхзвуковом истребителе в различные моменты времени. Что можно сказать о движении летчика в моменты времени: t_1 , t_2 , t_3 и t_4 , если в момент времени t_0 он находился на взлетной полосе в неподвижном самолете.

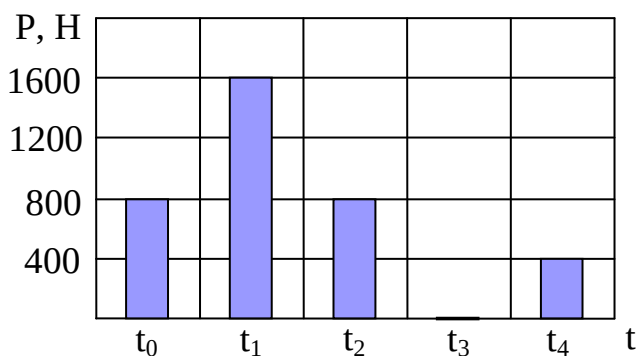


Рис. 120. Диаграмма веса летчика в различные моменты полета

3.221. На грузовом автомобиле перевозят контейнер по горизонтальной дороге. От чего зависит и как направлена сила трения покоя, действующая на контейнер, когда автомобиль: а) покоится; б) ускоряет движение; в) движется равномерно и прямолинейно; г) двигаясь равномерно, поворачивает; д) тормозит. Во всех случаях контейнер покоился относительно автомобиля?

3.222. На столике в вагоне лежат коробка конфет и яблоко. Почему в начале движения яблоко покатилося назад (относительно вагона), а коробка конфет осталась на месте?

3.223. Почему легче плыть, чем бежать по дну по пояс погруженным в воду?

3.224. Встав на стул, выпустите одновременно с одной и той же высоты два одинаковых пустых коробка спичек: один – плашмя, другой – ребром. Какой из них упадет раньше? Объясните явление.

3.225. На рисунке 121 дан график зависимости проекции скорости от времени тела массой 2 кг. Найти проекцию силы (F_x) действующей на тело на каждом этапе движения.

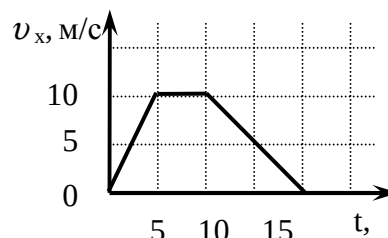


Рис. 121. К задаче 3.225

3.226. На рисунке 122 приведен упрощенный график изменения проекции скорости автобуса при движении между двумя остановками. Считая силу сопротивления постоянной и зная, что на участке ВС графика, сила тяги равна нулю, найти силу тяги на участках, соответствующих отрезкам ОА и АВ. Масса автобуса 4 т.

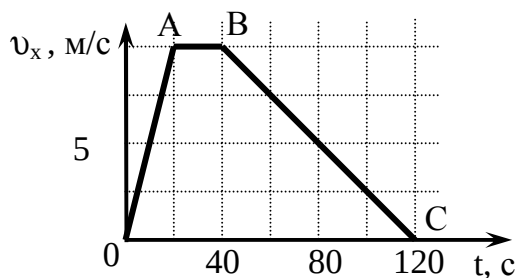


Рис. 122. К задаче 3.226

3.227. На рисунке 123 приведен график зависимости изменения длины резинового жгута от модуля приложенной к нему силы. Найти жесткость жгута.

3.228. На рисунке 124 изображены графики зависимости удлинения от модуля приложенной силы для стальной (1) и медной (2) проволок равной длины и диаметра. Сравнить жесткости проволок.

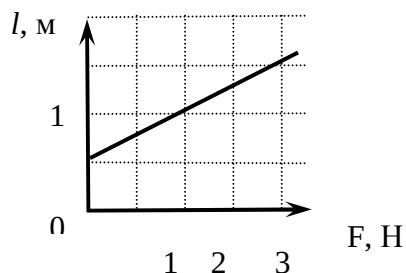


Рис. 123. К задаче 3.227

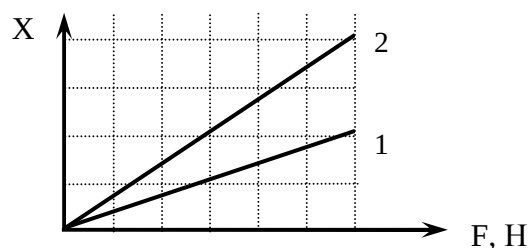


Рис. 124. К задаче 3.228

3.229. Ускорение при торможении автомобиля 4 м/с^2 . Составьте диаграмму его тормозных путей при разных начальных скоростях.

3.230. На диаграмме (рис. 125) представлено соотношение модулей сил действующих на электросани на горизонтальном, прямолинейном участке пути после выключения водителем двигателя. Коэффициент трения между поверхностью полозьев и дорогой равен:

- а) $1/7$;
- б) $2/7$;
- в) $1/8$;
- г) $1/4$.

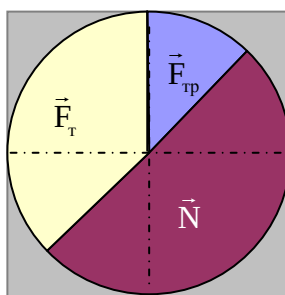


Рис. 125. Диаграмма соотношение модулей сил действующих на автомобиль

3.231. В каждом из следующих случаев (рис. 126) перечертите рисунок в тетрадь, изобразив силы, действующие на рассматриваемое тело:

- а) груз тянут за веревку, направленную под углом α к горизонту;
- б) автобус тормозит перед остановкой;
- в) груз начинает соскальзывать по наклонной плоскости;
- г) ящик с помощью троса начинают поднимать вертикально вверх;
- д) два груза, соединенные невесомой нитью, перекинутой через блок, начинают двигаться влево;
- е) три груза, связанные невесомыми нитями, тянут с ускорением вправо.

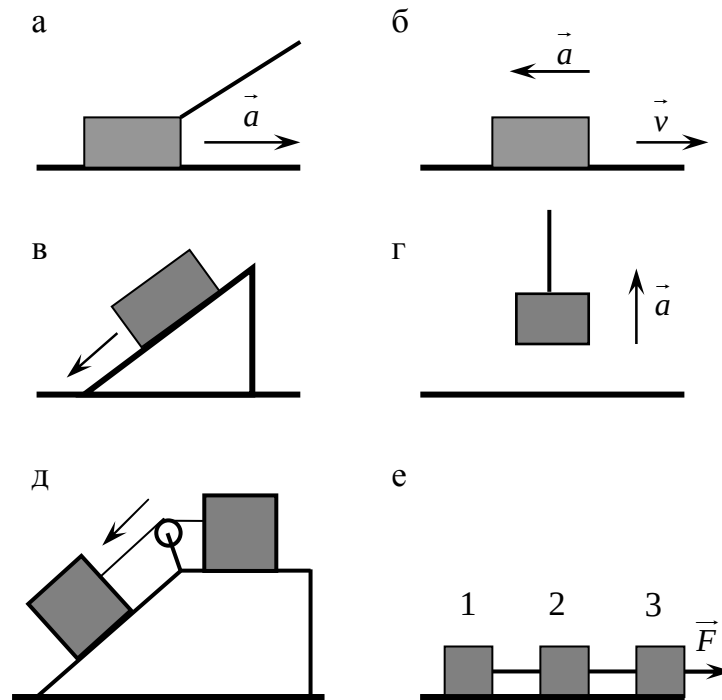


Рис. 126. К задаче 3.231

Тестовые задания

3.232. Тело брошено вертикально вверх. Когда тело находится в состоянии невесомости? Выбрать правильный ответ из следующих: 1) только в верхней точке полета; 2) только при движении вниз; 3) только при движении вверх; 4) все время полета.

3.233. Закон всемирного тяготения в форме $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ нельзя применить для вычисления силы притяжения между: 1) Землей и Луной; 2) Землей и Солнцем; 3) Землей и человеком на ее поверхности; 4) сидящими рядом людьми.

3.234. Как изменится расстояние между телами, если сила их взаимного притяжения увеличилась в 6,25 раза?

- 1) увеличиться в 2,5 раза;
- 2) уменьшиться в 2,5 раза;
- 3) увеличиться в 6,25 раза;
- 4) уменьшиться в 6,25 раза.

3.235. Модуль равнодействующей трех сил (10 Н каждая), приложенных к телу (рис. 127), равен:

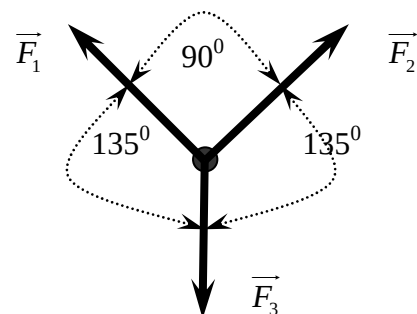


Рис. 127. К задаче 3.235

- 1) 0; 2) 4 Н; 3) 10 Н; 4) 14 Н.

3.236. Массивный груз подвешен на тонкой нити 1 (рис. 128). Снизу к грузу прикреплена такая же нить 2. Какая нить оборвется первой, если резко дернуть за нить 2?

- 1) 1;
2) 1 и 2 одновременно;
3) 2;
4) 1 и 2 – в зависимости от массы груза.

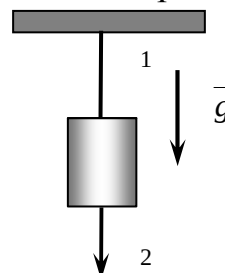


Рис. 128. К задаче 3.236

3.237. Тело массой 1 кг лежит на вращающейся платформе на расстоянии 1 м от оси вращения. Чему равна сила трения скольжения между платформой и телом, если известно, что тело соскальзывает с платформы при угловой скорости вращения платформы, равной 3 рад/с?

- 1) 3 Н; 2) 5 Н; 3) 7 Н; 4) 9 Н.

3.238. На рисунке 129 показаны три симметричных тела одинаковой массы m (шар, куб и цилиндр). Поднесем поочередно вплотную к этим телам шар массой M . С каким из этих тел шар будет взаимодействовать с силой $F = G \frac{Mm}{r^2}$, где G – гравитационная постоянная,

R – расстояние между центрами симметрии?

- 1) только с А;
2) только с В;
3) только с С;
4) со всеми.

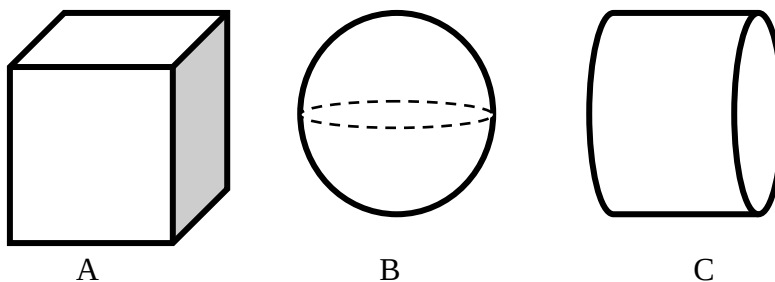


Рис. 129. К задаче 3.238

3.239. Тело движется вдоль оси X . На рисунке 130 показан график изменения с течением времени проекции на ось X вектора суммарной силы, действующей на тело. Начертили общий вид графика зависимости проекции на ось X вектора ускорения тела от времени. Определите, какой из приведенных ниже графиков выполнен правильно.

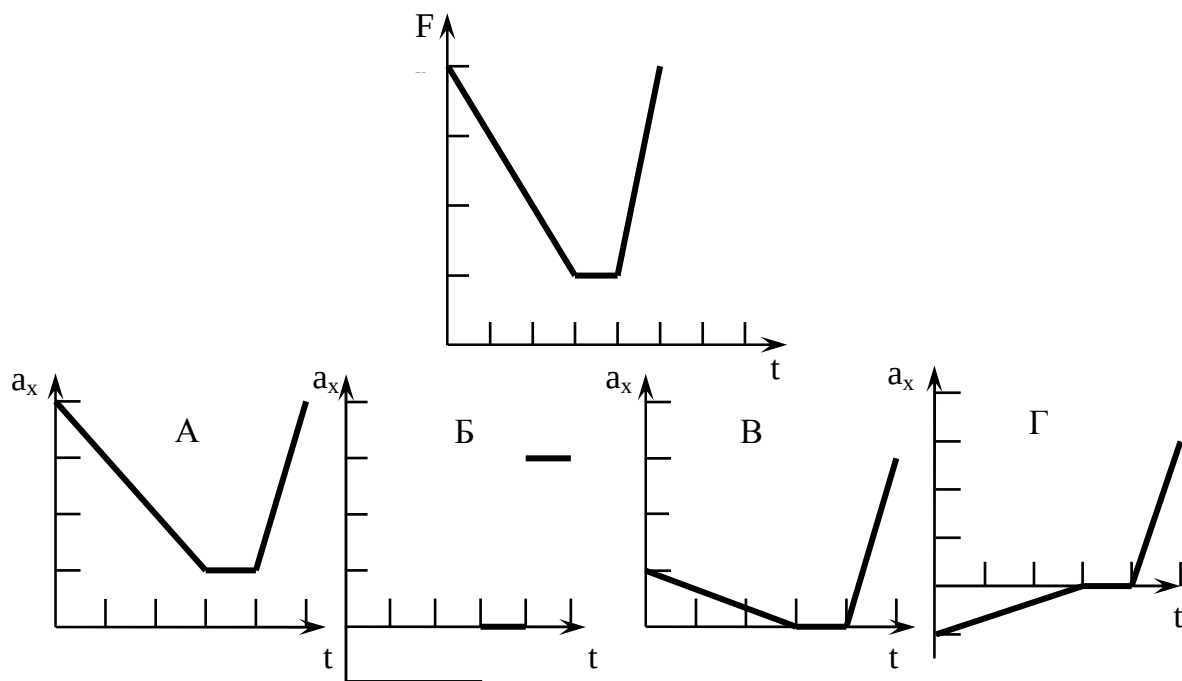


Рис. 130. К задаче 3.239

3.240. Какой из графиков (рис. 131) верно отражает зависимость силы всемирного тяготения двух материальных точек от расстояния между ними?

а) А; б) Б; в) В; г) Г; д) среди приведенных ответов нет верного.

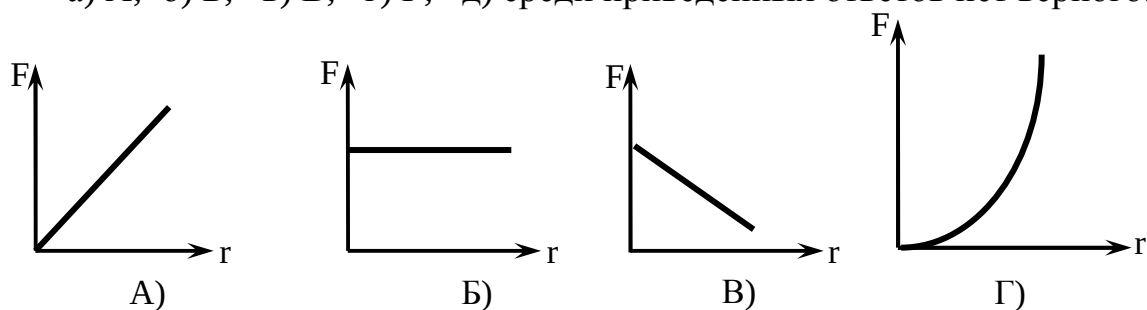


Рис. 131. К задаче 3.240

3.241. Брусок массой 1 кг равномерно скользит по наклонной плоскости (рис. 132). Какой из графиков, верно, выражает зависимость силы трения от времени?

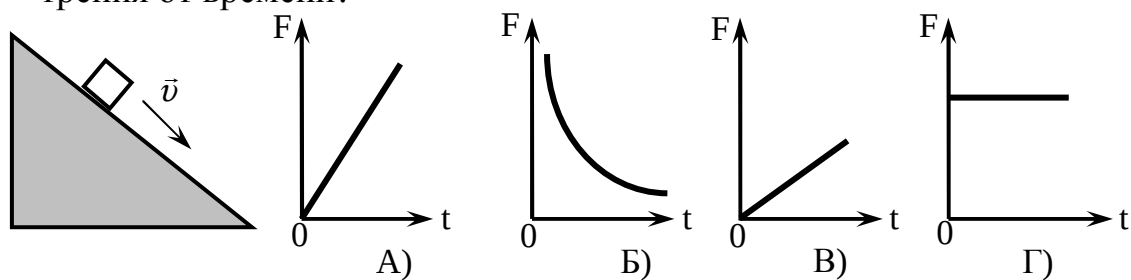


Рис. 132. К задаче 3.241

- 3.242. На весах стоит чаша с водой. В чашу опускают гирию так, что она не касается дна (рис. 133). Изменяются ли показания весов?

-
- A diagram showing a hydrometer, which consists of a bulb with a scale and a narrow stem, partially submerged in a liquid. A vertical line extends from the top of the stem up to the top of the frame, representing the liquid surface or a reference point.

3.243. Брусок массой 5 кг скользит по наклонной плоскости. На рисунке 134 показан график зависимости от времени модуля скорости бруска. Определите модуль равнодействующей всех сил, действующих на брусок.

- 3.244. Вагонетка движется вдоль оси X . Зависимость проекции ее скорости на ось X показана на рисунке 135. В какие промежутки времени проекция на ось X суммарной силы, действующей на вагонетку со стороны других тел, равнялась нулю?

-

The graph shows the velocity v_x in units of m/c as a function of time t in units of c . The velocity starts at 4 m/c at $t=0$, remains constant until $t=1$, then decreases linearly to 0 at $t=2$. It remains at 0 until $t=3$, and then increases parabolically to 2 m/c at $t=4$.

3.245. Можно ли считать инерциальной системой отсчета движущейся поезд?

- 132

- 3.246. Подъемный кран поднимает груз с некоторым ускорением. На груз со стороны каната действует сила 8 кН. На канат со стороны груза действует сила?
- 1) 8 кН;
 - 2) меньше 8 кН;
 - 3) больше 8 кН;
 - 4) равная силе тяжести, действующей на груз.
- 3.247. Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене силой 10 Н, направленной горизонтально. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какую минимальную силу надо приложить к бруску по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?
- 1) 9 Н;
 - 2) 7 Н;
 - 3) 5 Н;
 - 4) 4 Н.
- 3.248. На рисунке 136 показаны направление и точка приложения вектора силы $\vec{F}_1$, с которой Земля действует на Луну. На каком из рисунков (а, б, в или г) правильно показаны направление и точка приложения силы $\vec{F}_2$, возникающей при взаимодействии по третьему закону Ньютона.
- 1) а;
 - 2) б;
 - 3) в;
 - 4) г;
 - 5) среди рисунков нет правильного.

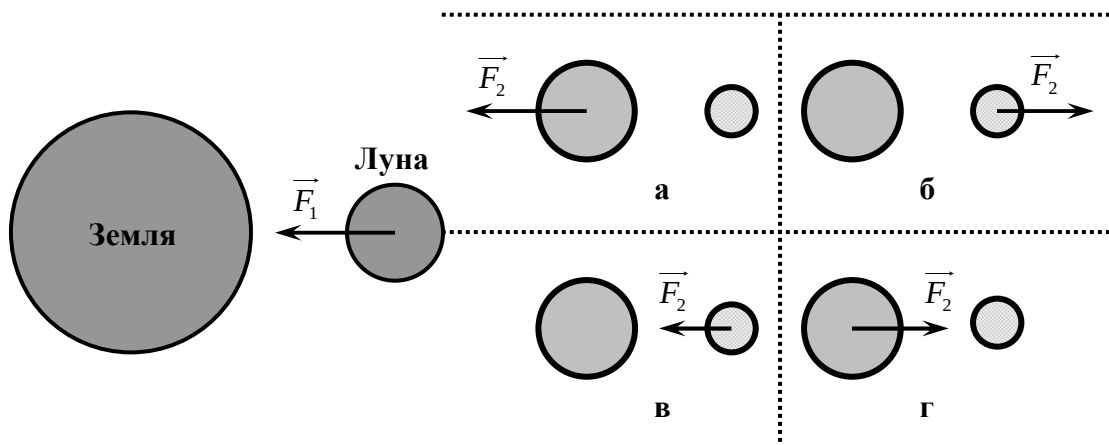


Рис. 136. К задаче 3.248

- 3.249. Момент инерции тела зависит.... (выберите правильное утверждение):
1. ...только от формы тела;
 - 2....от объема тела;
 3. ...только от формы тела и расположения масс точек тела относительно оси вращения;
 4. ...только от расстояния масс точек тела относительно оси вращения.

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.250. Найти равнодействующую трех сил по 200 Н каждая, если углы между первой и второй силами и между второй и третьей силами равны 60° .
- 3.251. Порожнему прицепу тягач сообщает ускорение $a_1 = 0,4 \text{ м/с}^2$, а грузенному $a_2 = 0,1 \text{ м/с}^2$. Какое ускорение сообщит тягач обоим прицепами, соединенным вместе? Силу тяги тягача считать во всех случаях одинаковой.
- 3.252. Какие силы надо приложить к концам проволоки, жесткость которой 100 кН/м, чтобы растянуть ее на 1 мм?
- 3.253. На каком расстоянии от поверхности Земли сила притяжения космического корабля к ней станет в 100 раз меньше, чем на поверхности Земли?
- 3.254. Среднее расстояние между центрами Земли и Луны равно 60 земным радиусам, а масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. В какой точке отрезка, соединяющего центры Земли и Луны, тело будет притягиваться ими с одинаковой силой?
- 3.255. Средний радиус планеты Меркурий 2420 км, а ускорение свободного падения $3,72 \text{ м/с}^2$. Найти массу Меркурия.
- 3.256. Средняя плотность Венеры 5200 кг/м^3 , а радиус планеты 6100 км. Найти ускорение свободного падения на поверхности Венеры.
- 3.257. Каково ускорение свободного падения на высоте равной половине радиуса Земли?
- 3.258. На дне шахтной клетки лежит груз массой 100 кг. Каков будет вес груза если клеть: а) поднимается вверх с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$; б) опускается вниз с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$; в) движется равномерно; г) свободно падает.
- 3.259. Масса лифта с пассажирами 800 кг. С каким ускорением и в каком направлении движется лифт, если известно, что сила натяжения троса, поддерживающего лифт: а) $T = 12 \text{ кН}$; б) $T = 6 \text{ кН}$?
- 3.260. При раскрытии парашюта скорость парашютиста уменьшается с 50 до 10 м/с за 1 с. Какую перегрузку испытывает парашютист?
- 3.261. Определить вес мальчика массой 40 кг в положениях А и В (рис. 137), если: $R_1=20 \text{ м}$, $v_1=10 \text{ м/с}$, $R_2=10 \text{ м}$, $v_2=5 \text{ м/с}$.
- 3.262. Автомобиль «Жигули» массой 1 т, трогаясь с места, достигает скорости 30 м/с через 20 с. Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления равен 0,05.

- 3.263. Поезд массой 500 т после прекращения тяги паровоза под действием силы трения $F_{\text{тр}} = 98 \text{ кН}$ останавливается через 1 мин. С какой скоростью шел поезд?

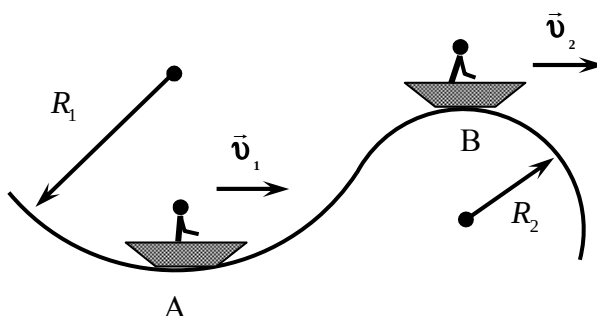


Рис. 137. К задаче 3.261

- 3.264. Разрывное усилие троса подъемного крана $5 \cdot 10^4 \text{ Н}$. При каком ускорении произойдет разрыв троса, если поднять груз массой 3 т?
- 3.265. Два деревянных бруска массами $m_1 = 2 \text{ кг}$ и $m_2 = 1 \text{ кг}$ лежат на горизонтальной поверхности (рис. 138). Какую минимальную силу F надо приложить, чтобы вытащить нижний брусок из под верхнего, если коэффициент трения нижнего бруска о поверхность и верхнего о нижний одинаков и равен 0,2?

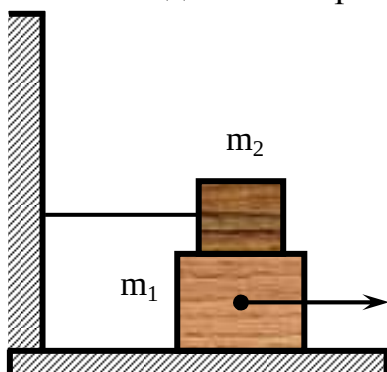


Рис. 138. К задаче 3.265

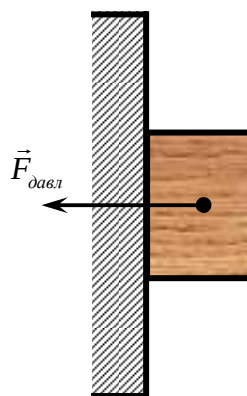


Рис. 139. К задаче 3.266

- 3.266. Тело массой 5 кг придавлено к вертикальной стене силой $F_{\text{давл}} = 10 \text{ Н}$ (рис. 139). Какая сила F необходима для того, чтобы равномерно перемещать его вертикально вверх по стене, если коэффициент трения равен 0,1?
- 3.267. По горизонтальной дороге мальчик тянет сани массой 30 кг за веревку, направленную под углом 60° к плоскости дороги, с силой 100 Н. Коэффициент трения μ равен 0,12. Определите ускорение санок. Чему равен путь, пройденный санями за 10 с, если в начальный момент их скорость была равна нулю?
- 3.268. На автомобиль массой 2 т во время движения действует сила трения равная 0,1 действующей на него силы тяжести mg . Найти силу

тяги, развиваемую мотором, если он движется вверх (рис. 140) с ускорением 1 м/с^2 и $l/h = 25$.

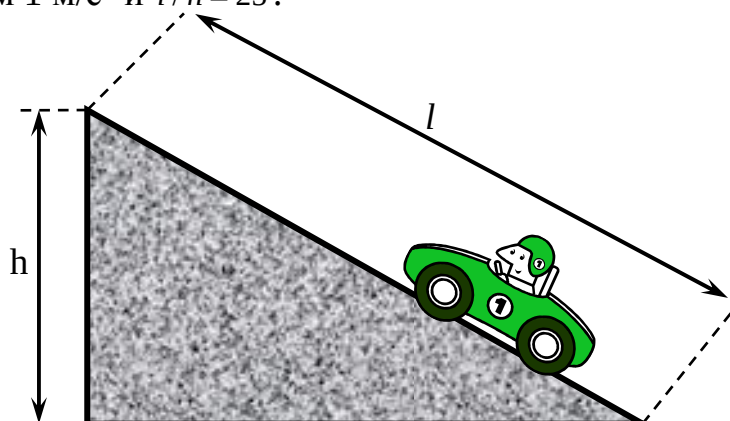


Рис. 140. К задаче 3.268

- 3.269. Соскользнув без начальной скорости с наклонной плоскости высотой $0,5 \text{ м}$ и длиной склона 1 м , тело массой 3 кг приходит к основанию плоскости со скоростью 3 м/с . Найти коэффициент трения тела о плоскость.
- 3.270. На горизонтальной дороге автомобиль делает поворот радиусом 16 м . Какова наибольшая величина скорости, которую может развить автомобиль, чтобы его не занесло, если коэффициент трения скольжения колес о дорогу $0,4$?
- 3.271. Конькобежец движется со скоростью 10 м/с по окружности радиусом 30 м . Под каким углом α к горизонту он должен наклониться, чтобы сохранить равновесие?
- 3.272. С какой наибольшей скоростью может ехать велосипедист по горизонтальной поверхности, описывая дугу радиусом 80 м , если коэффициент трения резины о поверхность $0,5$? На какой угол α от вертикали он при этом отклоняется?
- 3.273. Автомобиль с грузом массой 5 т проходит по выпуклому мосту со скоростью $21,6 \text{ км/ч}$. С какой силой он давит на середину моста, если радиус кривизны моста 50 м ?
- 3.274. Летчик давит на сидение кресла самолета в нижней точке петли Нестерова с силой 7100 Н . Масса летчика 80 кг , радиус петли 250 м . Определить скорость самолета.

Уровень В

- 3.275. Тело массой $0,5 \text{ кг}$ движется так, что зависимость пройденного телом пути от времени дается уравнением $S = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$, где

$C = 5 \text{ м/с}^2$ и $D = 1 \text{ м/с}^3$. Найти силу, действующую на тело в конце первой секунды движения.

- 3.276. Тело движется по закону $S = A \sin \omega t$, где $A = 5 \text{ см}$ и $\omega = \pi \text{ рад/с}$. Найти силу, действующую на тело через $1/6 \text{ с}$ после начала движения.
- 3.277. Какой массы m_x балласт надо сбросить с равномерно поднимающегося аэростата, чтобы он начал равномерно подниматься с той же скоростью? Масса аэростата с балластом $m = 1600 \text{ кг}$, подъемная сила аэростата 12 кН . Считать силу сопротивления воздуха одной и той же при подъеме и при спуске.
- 3.278. Зависимость пройденного телом пути от времени имеет вид $S = 2t - 3t^2 + 4t^3$. Найти зависимость ускорения от времени. Определить, в какой момент времени сила, действующая на тело, равна нулю. Масса тела 1 кг .
- 3.279. К двум пружинам одинаковой длины с жесткостью k_1 и k_2 каждая, соединенным один раз последовательно (рис. 141, а), а другой раз – параллельно (рис. 141, б), подвешивают груз массой m . Найти общее удлинение пружин x и их общую жесткость k в каждом случае?

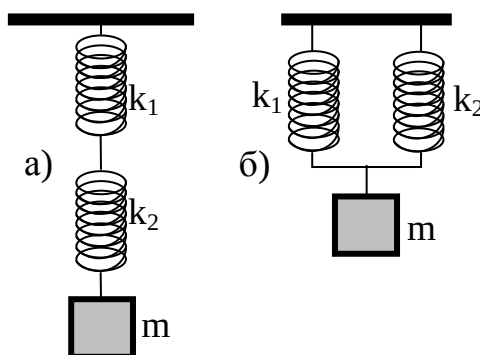


Рис. 141. К задаче 3.279

- 3.280. К потолку вагона, движущегося в горизонтальном направлении с ускорением $a = 9,81 \text{ м/с}^2$, подвешен на нити шарик массой 200 г (рис. 142). Определите для установившегося движения: 1) силу натяжения нити T ; 2) угол φ отклонения нити от вертикали.

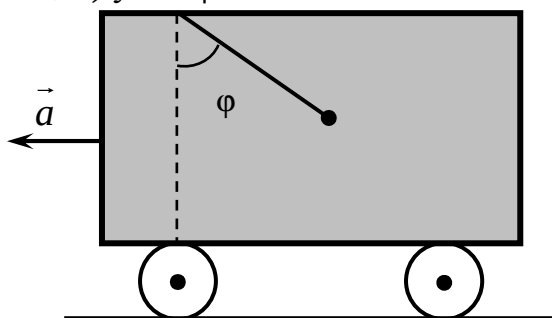


Рис. 142. К задаче 3.280

3.281. Канат лежит на столе так, что часть его свешивается со стола, и начинает скользить тогда (рис. 143), когда длина свешивающейся части составляет $\frac{1}{4}$ его длины. Найти коэффициент трения каната о стол.



Рис. 143. К задаче 3.281

3.282. Брусок массой 400 г под действием груза массой 100 г (рис. 144, а) проходит из состояния покоя путь 80 см за 2 с. Найти коэффициент трения.

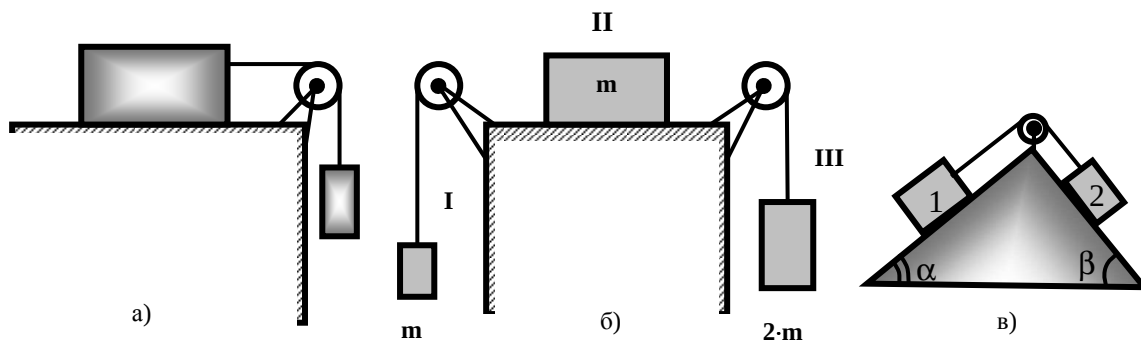


Рис. 144. К задачам 3.282, 3.283, 3.284

3.283. С каким ускорением движется система (рис. 144, б), если $m = 1$ кг и коэффициент трения $\mu = 0,2$? Какова сила натяжения $F_{н1}$ нити, связывающей тела I и II, и сила натяжения $F_{н2}$ нити, связывающей тела II и III?

3.284. С каким ускорением a движутся связанные тела (рис. 144, в) и какова сила натяжения нити F_n ? Трением пренебречь (числовые значения физических величин приведены в таблице 17).

Таблица 17

№	1	2	3	4	5	6	7	8
m_2 , кг	0,27	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
β , °	22	22	90	90	90	48	48	90
m_1 , кг	0,19	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,19	0,19
α , °	22	22	0	90	11	0	48	90

3.285. К концам легкой нити, перекинутой через невесомый блок, подвешены грузы массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 1$ кг. Систему грузов вместе с блоком поднимают вверх с ускорением $a_0 = 1$ м/с² (рис. 145). С какими ускорениями движутся грузы?

3.286. На концах нити, перекинутой через блок, подвешенный к потолку, закреплены два груза общей массой 30 кг (рис. 146). Грузы

движутся с ускорением $a = 0,3g$, направленным для правого груза вниз. Найти массы обоих грузов. Массой блока и нити, а также трением в оси пренебречь.

- 3.287. Ведерко с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной 0,5 м. С какой наименьшей скоростью нужно его вращать, чтобы при прохождении через верхнюю точку удержать воду в ведерке?

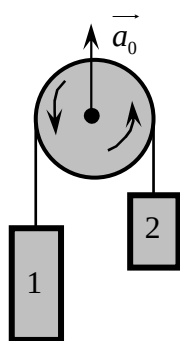


Рис. 145. К задаче 3.285

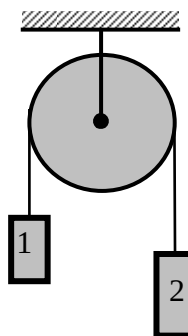


Рис. 146. К задаче 3.286

- 3.288. Шарик массой 200 г, привязанный к подвесу, описывает в горизонтальной плоскости окружность, имея постоянную скорость (рис. 147). Определить скорость шарика и период его вращения по окружности, если длина нити 1 м, а ее угол с вертикалью составляет 60° .

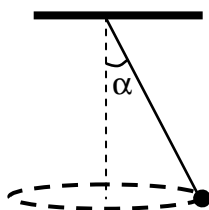


Рис. 147. К задаче 3.288

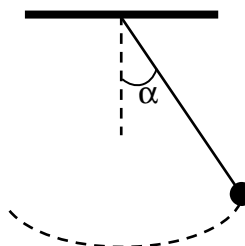


Рис. 148. К задаче 3.289

- 3.289. Шарик массой 500 г, подвешенный на нерастяжимой нити длиной 1 м, совершает колебания в вертикальной плоскости (рис. 148). Найти силу натяжения нити в момент, когда она образует с вершиной угол 60° . Скорость шарика в этот момент 1,5 м/с.
- 3.290. Найти момент инерции и момент импульса Земли относительно оси вращения.
- 3.291. К ободу однородного диска радиусом 0,2 м приложена касательная сила 98,1 Н. При вращении на диск действует момент сил тре-

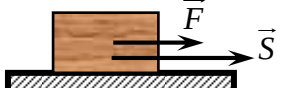
- ния $4,9 \text{ Нм}$. Найти массу диска, если известно, что диск вращается с угловым ускорением 100 рад/с^2 .
- 3.292. Однородный стержень длиной 1 м и массой $0,5 \text{ кг}$ вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением вращается стержень, если на него действует момент сил $98,1 \text{ мН}\cdot\text{м}$?
- 3.293. Однородный диск радиусом $0,2 \text{ м}$ и массой 5 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно к его плоскости. Зависимость угловой скорости вращения диска от времени дается уравнением $\omega = A + Bt$, где $B = 8 \text{ рад/с}^2$. Найти касательную силу, приложенную к ободу диска. Трением пренебречь.
- 3.294. Маховик, момент инерции которого $63,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, вращается с угловой скоростью $31,4 \text{ рад/с}$. Найти момент сил торможения, под действием которого маховик останавливается через 20 с . Маховик считать однородным диском.
- 3.295. Стержень длиной $\ell = 0,7 \text{ м}$ и массой $m = 1,8 \text{ кг}$ вращается вокруг оси, перпендикулярной стержню и проходящей через один из его концов, при этом угловая скорость ω стержня изменяется по закону $\omega = A t^2 + Bt$ ($A = 2 \text{ рад/с}^3$, $B = 3 \text{ рад/с}^2$). Определите работу вращения A , произведенную над стержнем в течение времени $t = 5 \text{ с}$, а также момент сил M , действующий в конце пятой секунды.
- 3.296. Диаметр диска 20 см , масса 800 г . Определить момент инерции диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска.

3.2.3. Работа и мощность. Законы сохранения в механике

Качественные и графические задачи

- 3.297. Какую работу совершает комар, когда жалит человека?
- 3.298. Почему взмах руками, сделанный спортсменом в момент прыжка, увеличивает высоту и длину прыжка?
- 3.299. Одинаковую ли мощность развивают двигатели вагона трамвая, когда он движется с одинаковой скоростью без пассажиров и с пассажирами?
- 3.300. Трактор имеет три скорости: 3,08; 4,18 и 5,95 км/ч. На какой скорости он будет развивать при той же мощности большую силу тяги на крюке?
- 3.301. Заполните таблицу 18 ($F = \text{const}$).

Таблица 18

1.	$\alpha = 0^\circ$		$A > 0$	$A = F \cdot S \cdot \cos 0^\circ$, $\cos 0^\circ = 1$, $A = F \cdot S$
2.	$0^\circ < \alpha < 90^\circ$			
3.	$\alpha = 90^\circ$			
4.	$90^\circ < \alpha < 180^\circ$			
5.	$\alpha = 180^\circ$			

- 3.302. Все знают из опыта, что идти в гору трудно. А почему?
- 3.303. Как должна измениться мощность мотора насоса, чтобы он стал перегонять через узкое отверстие вдвое большее количество воды в единицу времени? Трение не учитывать.
- 3.304. Совершить прыжок в высоту легче «перекатом» (рис. 149), чем «прямо». Почему?

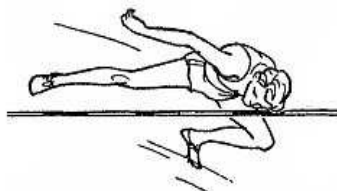


Рис. 149. К задаче 3.304

- 3.305. На одной и той же высоте находятся кусок алюминия и кусок свинца одинакового объема. Одинаковой ли потенциальной энергией обладают эти тела?

- 3.306. Почему тяжелая автомашина должна иметь более сильные тормоза, чем более легкая?
- 3.307. Нужно ли совершать какую-либо работу для изменения скорости?
- 3.308. Почему двигатель автомобиля развивает большую мощность при разгоне по сравнению с равномерным движением?
- 3.309. Почему скорость воды, выходящей из гидротурбины, меньше чем входящей?
- 3.310. Как объяснить тот факт, что при падении камня на Землю изменение импульса Земли равно изменению импульса камня, а изменение кинетической энергии Земли не учитывается.
- 3.311. Ракета, запущенная вертикально вверх, взрывается в высшей точке своего подъема. При взрыве образуется три осколка. Доказать, что векторы начальных скоростей всех трех осколков лежат в одной плоскости.
- 3.312. Человек в лодке, обращенной кормой к берегу, переходит с кормы на нос. Как изменится при этом расстояние между человеком и берегом?
- 3.313. Стальной шарик висит на нити. Отклоним его в сторону и отпустим. Какие превращения энергии происходят при этом?
- 3.314. Гимнаст сначала прыгает на гибкую доску-трамплин, а затем вверх. Почему при этом прыжок получается более высоким, чем прыжок без трамплина?
- 3.315. Объясните, переход каких видов механической энергии происходит в детской игрушке «воздушный пистолет-автомат», стреляющей шариками от настольного тенниса.
- 3.316. Почему иногда автомобиль не может въехать на гору, если он у начала подъема не сделал разгон (не приобрел значительной скорости)?
- 3.317. На рисунке 150 приведен график зависимости между удлинением пружины и растягивающей силой. Определить потенциальную энергию пружины, растянутой на 8 см. Указать физический смысл тангенса угла α и площадь треугольника под участком ОА графика.

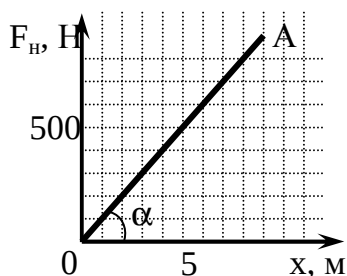


Рис. 150. К задаче 3.317

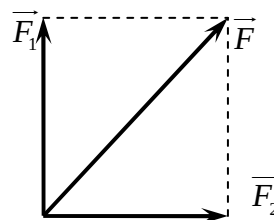


Рис. 151. К задаче 3.318

- 3.318. Под действием двух взаимно перпендикулярных сил (рис. 151) тело переместилось на расстояние 20 м. Найти работу A_1 силы $F_1 = 20$ Н и работу A_2 силы $F_2 = 50$ Н, а также работу A равнодействующей этих сил.
- 3.319. На рисунке 152 дан график проекции скорости автобуса массой 20 т. Вычислить работу силы тяги, совершенную за 20 с, если коэффициент сопротивления равен 0,05. Каково изменение кинетической энергии автобуса?

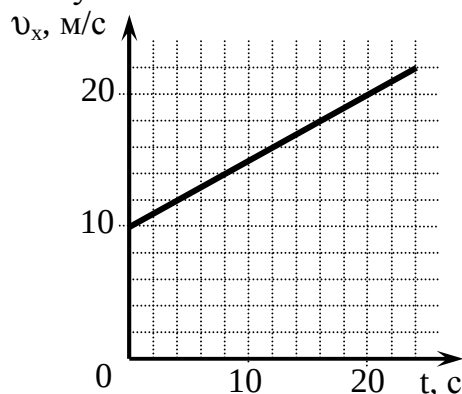


Рис. 152. К задаче 3.319

- 3.320. Две тяжелые тележки, способные катиться без трения и связанные нитяной петлей, находятся в состоянии покоя. Между ними расположена небольшая сжатая пружина (рис. 153). Когда нить пережигается, пружина расправляется с 2 до 3 см, тележки разъезжаются в разные стороны и обе одновременно ударяются о деревянные барьеры в концах стола. Тележка А при этом проходит 0,45 м, а В – 0,87 м. Найти отношения: а) скорости тележки А к скорости тележки В; б) их масс; в) импульсов, приложенных к тележкам; г) ускорений, испытываемых тележками во время действия пружины.

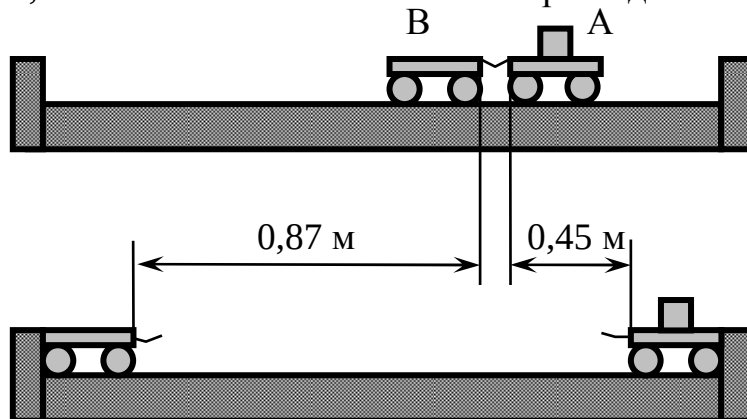


Рис. 153. К задаче 3.320

- 3.321. Тело брошено свободно вертикально вверх. На рисунке 154 показаны графики зависимости некоторых величин, характеризующих

его движение, от времени t . Эти величины отложены по оси ординат. Определить какой график является зависимостью координаты; ускорения; импульса; потенциальной энергии; кинетической энергии; полной механической энергии от времени?

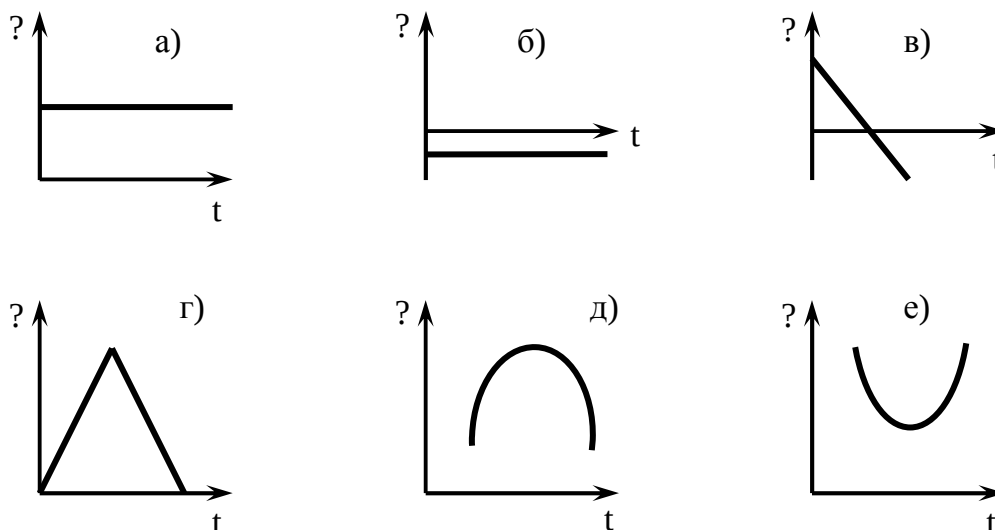


Рис. 154. К задаче 3.321

- 3.322. Горизонтально летящая пуля пробивает брусок, лежащий на горизонтальной плоскости. Сохраняются ли в системе «пуля – брусок»: а) импульс; б) механическая энергия?

Тестовые задания

- 3.323. На рисунке 155 изображен график изменения кинетической энергии катящегося мяча с течением времени. В какой промежуток времени мяч катился под горку?
- 1) от 0 до 2 с; 2) от 2 с до 4 с;
 - 3) от 4 с до 7 с; 4) от 0 до 2 с и от 4 с до 7 с.
- 3.324. Зависимость модуля импульса материальной точки, движущейся прямолинейно, от времени имеет вид приведенный на графике (рис. 156). Чему равна сила, действующая на материальную точку в интервале времени 2÷4 с?
- 1) 0,25 Н; 2) 0,5 Н; 3) 1,5 Н; 4) 2 Н.
- 3.325. Брусок движется вдоль оси X. На рисунке 157 показан график зависимости импульса от времени проекции на ось X. Какой из графиков показывает зависимость от времени проекции на ось X суммарной силы, действующей на брусок?
- 1) График А. 2) График Б. 3) График В. 4) График Г.

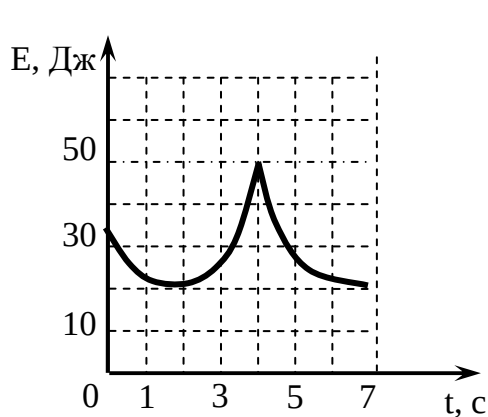


Рис. 155. К задаче 3.323

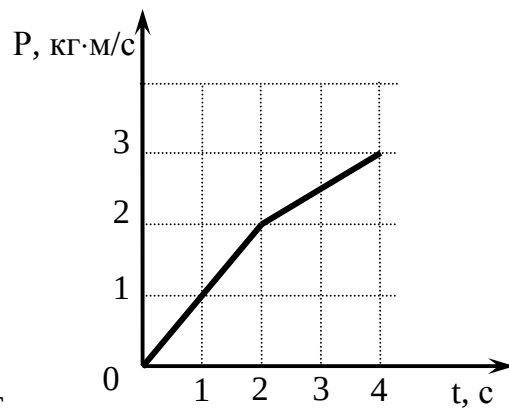


Рис. 156. К задаче 3.324

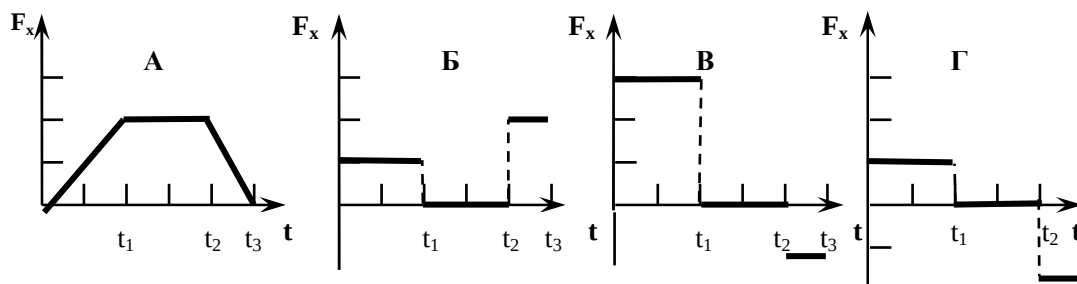
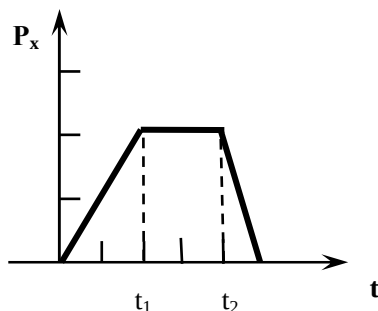


Рис. 157. К задаче 3.325

3.326. С какой начальной скоростью v_0 надо бросить вниз мяч с высоты h , чтобы он подпрыгнул на высоту $2 \cdot h$:

- 1) $2\sqrt{2gh}$; 2) $\sqrt{4gh}$; 3) $\sqrt{gh}$; 4) $\sqrt{2gh}$.

3.327. Сравните механические энергии двух тел изображенных на рис. 158.

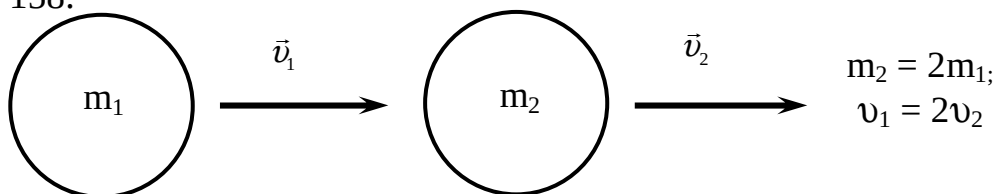


Рис. 158. К задаче 3.327

- 1) $E_{k1} = E_{k2}$; 2) $E_{k1} = 2E_{k2}$; 3) $E_{k2} = 2E_{k1}$; 4) $E_{k2} = 4E_{k1}$.

3.328. Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. При ударе

выделилось количество теплоты, равное 15 Дж. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом.

- 1) 5 Дж; 2) 15 Дж; 3) 20 Дж; 4) 30 Дж.

3.329. Найти сумму импульсов шаров, если их модули равны 0,3 кг·м/с и 0,4 кг·м/с, а угол между их направлениями равен 90° .

- 1) 0,1 кг·м/с; 2) 0,5 кг·м/с; 3) 0,7 кг·м/с; 4) 70 г·м/с.

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.330. Мальчик бросил вверх мяч массой 200 г и поймал мяч при его падении в точке бросания. При этом мяч проделал путь 8 м. Чему равна работа A_1 совершенная силой тяжести при подъеме мяча на максимальную высоту? Чему равна работа A_2 , совершенная силой тяжести при падении мяча с этой высоты? Чему равна работа A_3 , совершенная силой тяжести на всем пути, проделанном мячом?

3.331. Какую работу совершает двигатель автомобиля «Жигули» массой 1,3 т трогаясь с места на первых 75 м пути, если это расстояние автомобиль проходит за 10 с, а коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

3.332. Грузенная шахтная клеть массой 10 т поднимается с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Определить работу по подъему клетки за первые 10 с движения.

3.333. Какую работу надо совершить, чтобы лежащий на земле однородный стержень длиной 2 м и массой 100 кг поставить вертикально?

3.334. Для растяжения пружины на 4 мм надо совершить работу 0,02 Дж. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть эту пружину на 4 см?

3.335. Две пружины с жесткостями $k_1 = 200 \text{ Н/м}$ и $k_2 = 400 \text{ Н/м}$ соединены последовательно друг с другом. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть их на 10 см?

3.336. Подъемный кран поднимает груз массой 4 т со скоростью 9 м/мин. Определить мощность двигателя крана, если его КПД 60%?

3.337. Какую массу бензина расходует двигатель автомобиля на пути 100 км, если при мощности двигателя 11 кВт скорость его движения 30 км/ч, а КПД двигателя 0,22?

- 3.338. Какую мощность развивает двигатель автомобиля массой 1 т, если известно, что автомобиль едет с постоянной скоростью 36 км/ч: а) по горизонтальной дороге; б) в гору с уклоном 5 м на каждые 100 м пути; в) под гору с тем же уклоном? Коэффициент трения $\mu = 0,07$.
- 3.339. Сила тяги сверхзвукового самолета при скорости полета 2340 км/ч равна 220 кН. Найти мощность двигателей самолета в этом режиме полета.
- 3.340. Какую работу надо совершить, чтобы по плоскости с углом наклона 30° втащить груз массой 400 кг, прикладывая силу, совпадающую по направлению с перемещением, на высоту 2 м при коэффициенте трения 0,3? Каков при этом КПД?
- 3.341. Насос, двигатель которого развивает мощность 25 кВт, поднимает 100 м^3 нефти на высоту 6 м за 8 мин. Найти КПД установки.
- 3.342. Два тела одинакового объема – стальное и свинцовое – движутся с одинаковыми скоростями. Сравнить импульсы этих тел.
- 3.343. Движение материальной точки описывается уравнением $x = 5 - 8t + 0,4t^2$. Приняв ее массу равной 2 кг, найти импульс через 2 с и 4 с после начала отсчета времени, а также силу, вызвавшую это изменение импульса.
- 3.344. Автомобиль массой 2 т затормозил и остановился, пройдя путь 50 м. Найти работу силы трения и изменение кинетической энергии автомобиля, если дорога горизонтальная, а коэффициент трения равен 0,4.
- 3.345. Камень падает с некоторой высоты в течение 1,43 с. Найти кинетическую и потенциальную энергии камня в средней точке пути. Масса камня 2 кг.
- 3.346. Найти потенциальную и кинетическую энергии тела массой 5 кг, падающего свободно с высоты 10 м, на расстоянии 4 м от поверхности земли.
- 3.347. Тело массой 5 кг падает свободно с высоты 12 м. Найти изменение его потенциальной энергии через 0,5 с после начала падения. $v_0 = 0$.
- 3.348. Снаряд получивший при выстреле начальную скорость 300 м/с, летит вертикально вверх. На какой высоте его кинетическая энергия станет равна потенциальной? Сопротивлением пренебречь.
- 3.349. Чему равны значения потенциальной и кинетической энергии камня массой 1 кг, брошенного вертикально вверх со скоростью 10 м/с через 1 с после бросания? Сопротивление не учитывать.

- 3.350. С башни высотой 25 м горизонтально брошен камень со скоростью 15 м/с. Найти кинетическую и потенциальную энергии камня через 1 с после начала движения. Масса камня 0,2 кг.
- 3.351. Шарик подвешен на невесомой нерастяжимой нити длиной l (рис. 159). Какую минимальную скорость следует сообщить шарiku, чтобы он описал окружность в вертикальной плоскости? Сопротивлением воздуха пренебречь.

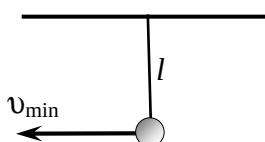


Рис. 159. К задаче 3.351

- 3.352. С какой начальной скоростью v_0 надо бросить вниз мяч с высоты 1 м, чтобы он после абсолютно упругого удара подпрыгнул на высоту 1,5 м. Сопротивлением пренебречь.
- 3.353. Найти работу силы тяжести за время всего полета тела массой 1 кг, брошенного под углом 45° к горизонту со скоростью 20 м/с, если сопротивлением воздуха можно пренебречь.
- 3.354. Стальной шар массой 0,1 кг привязали к нити длиной 1 м. Нить с грузом отвели от вертикали на угол 45° и отпустили. Какова скорость груза в момент, когда нить образует с вертикалью угол 30° ? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ округлить до целых.
- 3.355. Свинцовый брусок массой 500 г, движется со скоростью 0,6 м/с, сталкивается с неподвижным восковым бруском массой 100 г. После столкновения бруски слипаются и движутся вместе. Определите кинетическую энергию шаров после удара.
- 3.356. Брусок массой 600 г, движущийся со скоростью 2 м/с, сталкивается с неподвижным бруском массой 200 г. Какова скорость второго бруска после столкновения? Удар считать центральным и абсолютно упругим.
- 3.357. Тело массой m и объемом V брошено вертикально вниз с высоты H в воду с начальной скоростью v_0 . На какую глубину h погрузится тело? Сопротивлением воздуха и воды пренебречь. Плотность воды ρ .
- 3.358. С какой скоростью вылетает из пружинного пистолета шарик массой 200 г, если пружина сжата на 8 см. Известно, что для сжатия этой пружины на 10 см требуется сила 5 Н.

- 3.359. Какую скорость будет иметь свободно падающее с высоты горы Эверест тело массой 1 кг в момент касания поверхности океана. Принять $g = 9,8 \text{ м/с}^2 = \text{const}$, сопротивление воздуха не учитывать.

Уровень В

- 3.360. Ленточный транспортер мощностью 10 кВт разгружает баржу с углем на пристань со средней высотой 2,5 м. Считая КПД равным 75%, определить сколько тонн угля можно разгрузить за 20 мин.
- 3.361. Для погрузки угля в вагоны применяется ленточный транспортер, который перемещает уголь вверх по наклону на высоту 5 м. В минуту погрузчик доставляет 12 т угля к товарным вагонам. Какую работу совершает транспортер за 5 мин?
- 3.362. В воде с глубины 5 м поднимают до поверхности камень объемом $0,6 \text{ м}^3$. Плотность камня 2500 кг/м^3 . Найти работу по подъему камня.
- 3.363. Какую работу надо совершить, чтобы из колодца глубиной 10 м поднять ведро с водой массой 8 кг на тросе каждый метр которого имеет массу 400 г.
- 3.364. Материальная точка массой 1 кг равномерно движется по окружности со скоростью 10 м/с. Найти изменение импульса за одну четверть периода; половину периода; период.
- 3.365. Снаряд, выпущенный вертикально вверх, взорвался на максимальной высоте. При этом образовались три осколка. Два осколка разлетелись под прямым углом друг к другу. Масса первого осколка m_1 , его скорость v_1 , масса второго m_2 , его скорость v_2 . Чему равна скорость v_3 третьего осколка массой m_3 и в каком направлении он стал двигаться?
- 3.366. Ракета массой $m_0 = 3000 \text{ кг}$ летит со скоростью $v = 200 \text{ м/с}$. От нее отделяется ступень массой $m = 1000 \text{ кг}$, при этом скорость головной части возрастает на 20 м/с. Определить, с какой скоростью и в каком направлении будет двигаться отделившаяся часть ракеты.
- 3.367. На рельсах стоит платформа массой 10 т. На платформе закреплено орудие массой 5 т, из которого производится выстрел вдоль рельсов. Масса снаряда 100 кг; его начальная скорость относительно орудия $v_0 = 500 \text{ м/с}$. Найти скорость u платформы в первый момент после выстрела, если: а) платформа стояла неподвижно; б) платформа двигалась со скоростью 18 км/ч и выстрел был произведен в направлении ее движения; в) платформа двигалась со скоро-

стью 18 км/ч и выстрел был произведен в направлении противоположном направлению ее движения.

- 3.368. Конькобежец массой 70 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой 3 кг со скоростью 8 м/с. На какое расстояние откатиться при этом конькобежец, если коэффициент трения коньков о лед 0,02?
- 3.369. С судна массой 750 т произведен выстрел из пушки в сторону, противоположную его движению, под углом 60° к горизонту. На сколько изменилась скорость судна, если снаряд массой 30 кг вылетел со скоростью 1 км/с относительно судна?
- 3.370. Бильярдный шар 1, движущийся со скоростью 10 м/с, ударил о покоящийся шар 2 такой же массы. После удара шары разошлись так, как показано на рисунке 160. Найти скорости шаров после удара.

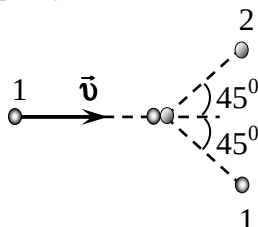


Рис. 160. К задаче 3.370

- 3.371. Предмет массой m вращается на нити в вертикальной плоскости. На сколько сила натяжения нити в нижней точке больше, чем в верхней?
- 3.372. Лодка длиной l и массой M стоит неподвижно в воде. На ее носу и корме сидят два рыбака массами m_1 и m_2 . На какое расстояние S передвинется лодка, если рыбаки поменяются местами? Сопротивлением воды пренебречь.
- 3.373. Камень брошен со скоростью 15 м/с под углом 60° к горизонту. Найти кинетическую, потенциальную и полную энергии камня: а) через 1 с после начала движения; б) в высшей точке траектории. Масса камня 0,2 кг.
- 3.374. Неподвижное ядро распадается на две части с массами m_1 и m_2 . При этом выделяется энергия E (кинетическая энергия осколков). Определить скорость осколков.
- 3.375. Тело соскальзывает с некоторой высоты по наклонному желобу, делает «мертвую петлю» в вертикальной плоскости (рис. 161). Радиус петли R . С какой минимальной высоты H оно должно соскользнуть, чтобы не сорваться в верхней точке петли? Трение не учитывать.

3.376. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы кубик (рис. 162) массой m с длиной ребра l перевернуть с одной грани на другую? Сопротивлением пренебречь.

3.377. Шарик движется по наклонному желобу (рис. 161), а затем описывает «мертвую петлю» радиуса R . Масса шарика равна 100 г, а высота с которой он начинает движение равна $4 \cdot R$. С какой силой давит шарик на желоб в верхней точке петли?

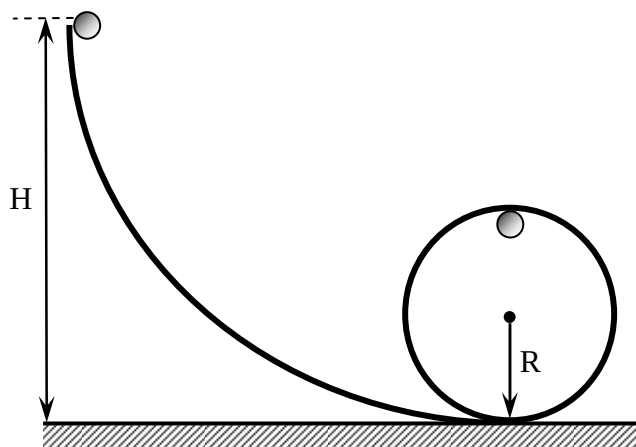


Рис. 161. К задаче 3.375, 3.177

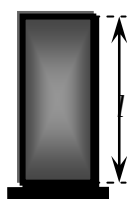


Рис. 162. К задаче 3.372

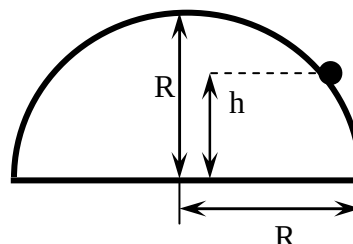


Рис. 163. К задаче 3.378

3.378. Небольшое тело соскальзывает с вершины полусферы радиусом R (рис. 163). На какой высоте h тело сорвётся с поверхности полусферы? Трение не учитывать.

3.379. Гирия массой 10 кг падает с высоты 0,5 м на подставку скреплённую с пружиной жёсткостью 30 Н/см (рис. 164). Определите при этом смещение x пружины.

3.380. Тележка проходит расстояние $S=300$ м под гору с уклоном $\alpha=5^\circ$ и продолжает двигаться в гору с тем же уклоном (рис. 165). Принимая коэффициент трения постоянным и равным 0,05, определить расстояние x , на которое поднимается тележка.

3.381. Шарик массой m , летящий горизонтально со скоростью v_0 (рис. 166), абсолютно упруго ударяется о неподвижный шар массой

M , висящий на нити длиной l . Удар центральный. На какой угол α отклонится шар массой M после удара?

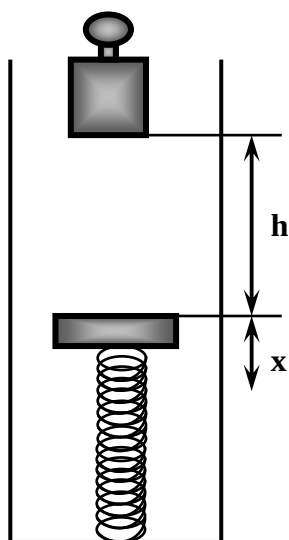


Рис. 164. К задаче 3.379

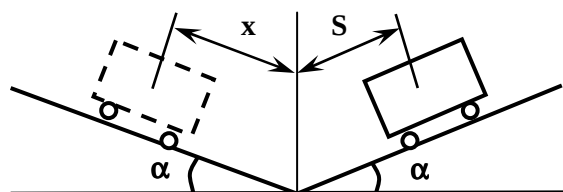


Рис. 165. К задаче 3.380

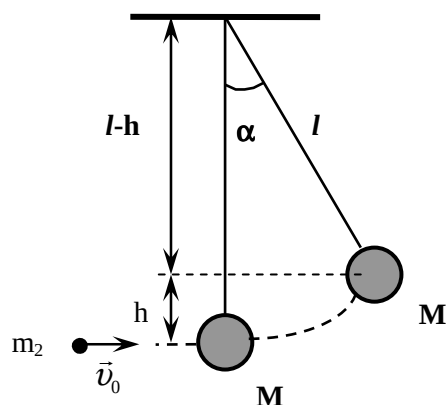


Рис. 166. К задаче 3.381

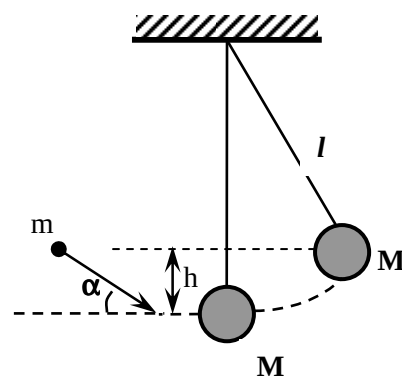


Рис. 167. К задаче 3.382

3.382. В подвешенный на невесомой нити шар массой M попадает пуля массой m , летевшая под углом α к горизонту со скоростью v_0 , и застревает в нём (рис. 167). На какую высоту h поднимутся шар с пулей?

3.2.4. Статика

Качественные и графические задачи

- 3.383. Почему спортсмен в момент поднятия штанги всегда делает шаг вперед (рис. 168)?
- 3.384. Какое из деревьев – ель или сосна (рис. 169) – находится в более устойчивом положении?
- 3.385. Почему при разрезании ножницами металлической проволоки ее приходится помещать ближе к винту ножниц?



Рис. 168. К задаче 3.383



Рис. 169. К задаче 3.384

- 3.386. Что бы произошло, если бы центр тяжести грузовика на рисунке 170 был не в В а в А? Объясните.

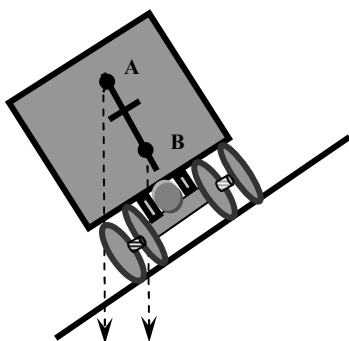


Рис. 170. К задаче 3.386



Рис. 171. К задаче 3.389

- 3.387. Почему ручку располагают у края двери?
- 3.388. Почему жестянщики применяют ножницы с длинными рукоятками и короткими лезвиями?
- 3.389. Почему получается большой выигрыш в силе при пользовании сложными кусачками, изображенными на рис. 171?
- 3.390. Почему посредством рычажных весов нельзя убедиться в том, что сила тяжести изменяется с переходом от экватора к полюсам?

- 3.391. Взрослому и ребенку нужно перейти ручей: одному – с левого берега, другому – с правого. Имеется по доске на каждом берегу, но доски немного короче, чем расстояние между берегами. Каким образом они могут перейти с одного берега на другой?
- 3.392. Тело имеет ось вращения в точке O (рис. 172). Укажите на чертеже плечи сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$. Почему под действием силы $\vec{F}_1$ тело не может вращаться?

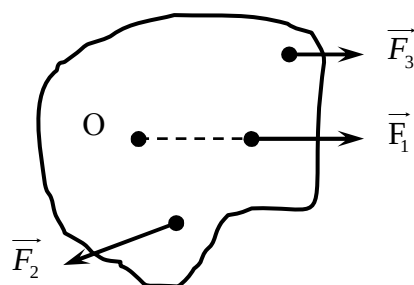


Рис. 172. К задаче 3.392

- 3.393. К коромыслу весов с одной стороны подвесили латунную, а с другой – равной массы чугунную гири. Останутся ли весы в равновесии, если их опустить так, чтобы обе гири оказались в воде?
- 3.394. Для разрезания заклепки клещами (рис. 173) требуется сила $F=30$ Н. Чему равна сила, действующая на заклепку.

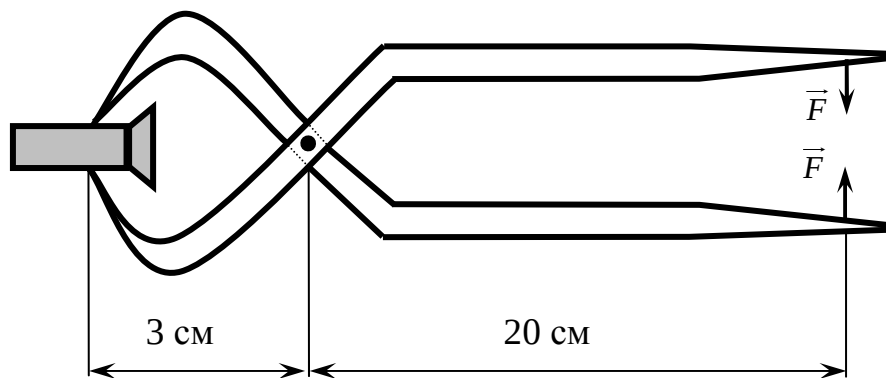


Рис. 173. К задаче 3.394

- 3.395. На рис. 174 изображен график зависимости отношения веса грузов на левой чаше рычажных весов к весу грузов на правой чаше $P_{\text{л}}/P_{\text{п}}$ от времени t . В какой промежуток времени правая чаша весов перевешивала левую чашу? Когда весы находились в равновесии?
- 3.396. У жидкостного манометра (рис. 175) одно колено – А – широкое и вертикальное, а другое – В – узкое и наклонное. Какие преиму-

щества имеет он по сравнению с манометром, у которого обе трубки одинакового сечения и вертикальны?

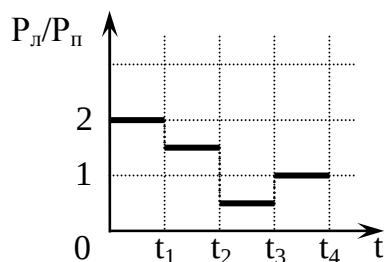


Рис. 174. К задаче 3.395

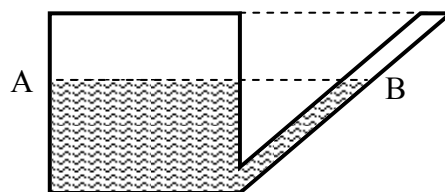


Рис. 175. К задаче 3.396

3.397. Постройте график зависимости модуля момента силы от угла между радиус-вектором и силой, которая относительно некоторой точки O создаёт момент силы $\vec{M}$.

Тестовые задания

3.398. На одном плече рычага AB подвешен груз массой 1 кг. К другому плечу приложили силу 50 Н (рис. 176). Чему должна быть равна длина OB , чтобы груз начал отрываться от пола, если длина $AO = 1$ м?

1) $0,2$ м; 2) $0,5$ м; 3) 1 м; 4) 5 м.

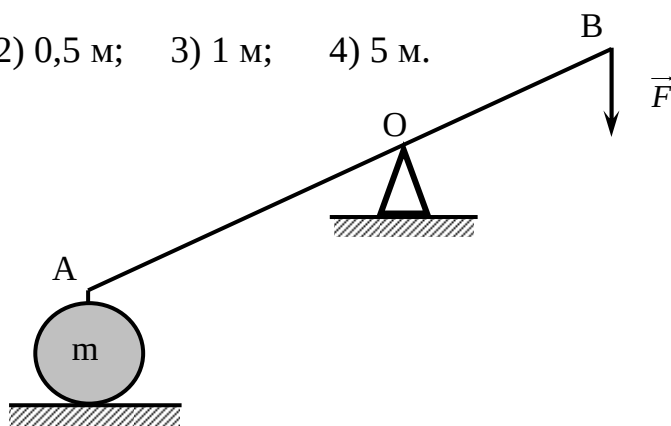


Рис. 176. К задаче 3.398

3.399. Однородный диск может вращаться относительно оси, проходящей через центр тяжести диска O . К диску в точке A , находящейся на расстоянии $d = 80$ см от оси диска, приложили силу $F_1 = 100$ Н. Чему равна сила F_2 , которую нужно приложить к диску (рис. 177) в точке B , расположенной на диске, чтобы диск находился в равновесии?

1) 115 Н; 2) 150 Н; 3) 200 Н; 4) 250 Н.

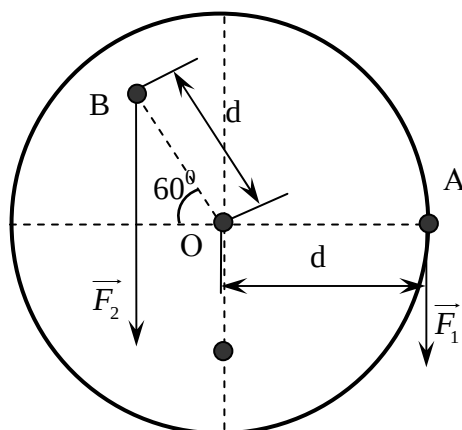


Рис. 177. К задаче 3.399

3.400. На рисунке 178 изображен тонкий невесомый стержень, к которому приложены силы $F_1 = 100$ Н и $F_2 = 300$ Н. Чтобы стержень находился в равновесии, ось вращения должна проходить через точку?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5.

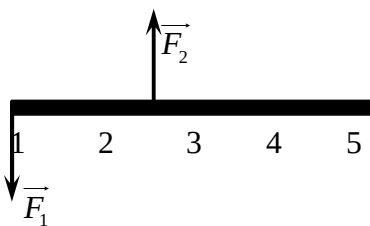


Рис. 178. К задаче 3.400

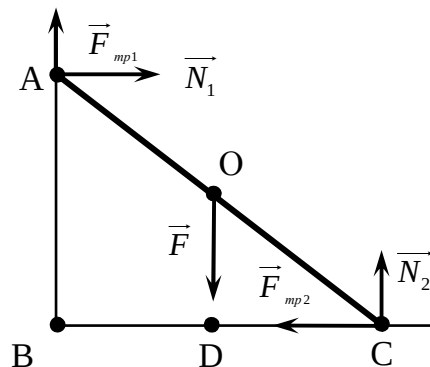


Рис. 179. К задаче 3.401

3.401. На рисунке 179 изображены силы, действующие на лестницу, прислоненную к стене. Каков момент силы тяжести $\vec{F}$, действующей на лестницу, относительно точки C?

- 1) $F \times OC$; 2) $F \times OD$; 3) $F \times AC$; 4) $F \times DC$

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

3.402. Четыре шарика, массы которых соответственно равны 1, 2, 3 и 4 г, укреплены на невесомом стержне длиной 60 см так, что расстояние между центрами двух соседних шариков равно 20 см

(рис. 180). На каком расстоянии от самого тяжелого шарика находится центр масс системы?

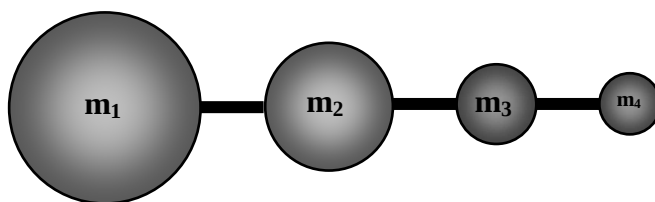


Рис. 180. К задаче 3.402

3.403. Железный лом весом 100 Н лежит на земле. Какое усилие надо употребить, чтобы приподнять один из его концов?

3.404. Лестница массой m прислонена к абсолютно гладкой стенке (рис. 181) и составляет с полом угол α . Найти силу трения, действующую на лестницу со стороны пола.

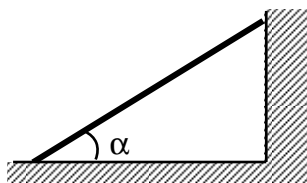


Рис. 181. К задаче 3.404

3.405. Стержень длиной 1 м изготовлен наполовину из свинца, наполовину из железа. Где находится центр тяжести S этого тела?

3.406. К концам стержня массой 10 кг и длиной 0,4 м подвешены грузы массами $m_1 = 40$ кг и $m_2 = 10$ кг. Где надо подпереть стержень, чтобы он находился в равновесии?

3.407. На конце стержня длиной 30 см прикреплен шар радиусом 6 см (рис. 182). На каком расстоянии x от центра шара находится центр тяжести этой системы, если массы стержня и шара одинаковы?

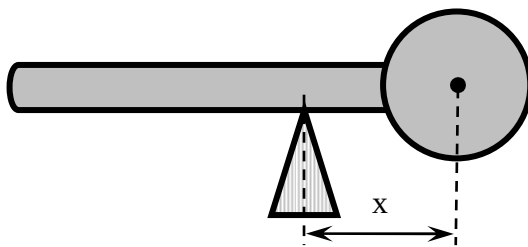


Рис. 182. К задаче 3.407

Уровень В

3.408. К двум одинаковым пружинам жесткостью k каждая, соединенным один раз последовательно (рис. 183, а), а другой раз – парал-

лельно (рис. 183, б), подвешивают груз массой m . Найти удлинение (деформацию) x_1 и x_2 каждой пружины в обоих случаях. На какое расстояние S_1 и S_2 в каждом случае опуститься груз?

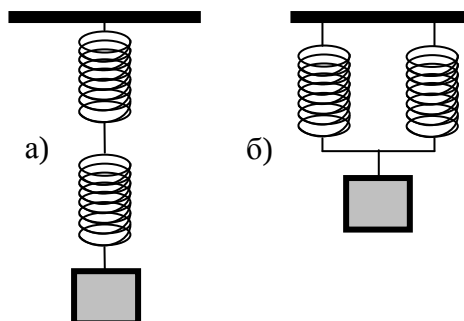


Рис. 183. К задаче 3.408

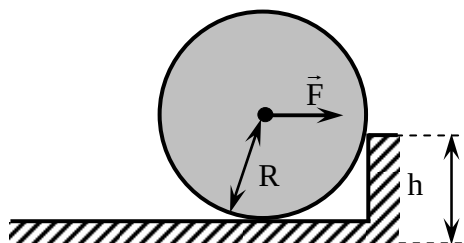


Рис. 184. К задаче 3.409

3.409. Какую максимальную силу F , направленную горизонтально, нужно приложить к катку цилиндрической формы массой m и радиусом R (рис. 184), чтобы перекатить его через ступеньку высотой h ?

3.410. На полусфере радиусом R удерживается шарик массой m и радиусом r с помощью невесомой нити, закреплённой в верхней точке O полусферы (рис. 185). Чему равна сила натяжения нити T и сила реакции полусферы N , если трение отсутствует? Нить горизонтальна.

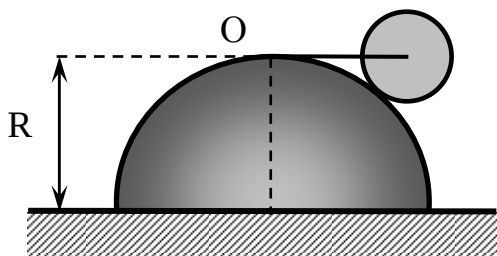


Рис. 185. К задаче 3.410

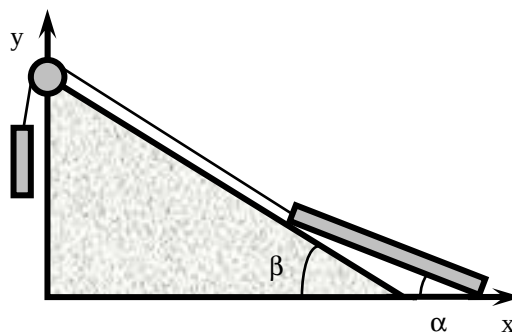


Рис. 186. К задаче 3.411

3.411. Однородная тонкая балка АВ массой 100 кг опирается одним концом на гладкий горизонтальный пол, а другим – на гладкую плоскость, наклонённую под углом 30° к горизонту. Конец балки поддерживается веревкой с грузом, перекинутой через блок (рис. 186). Определить массу груза и силы нормальной реакции пола и наклонной плоскости. Трением в блоке пренебречь.

3.2.5. Гидро- и аэростатика. Сила Архимеда

Качественные задачи

- 3.412. Зачем под гайку подкладывают широкое металлическое кольцо, называемое шайбой?
- 3.413. Если при переходе по льду человек провалился, то спасающий должен приближаться к нему ползком, а на край полыньи рекомендуют класть доски или лыжи (рис. 187). Почему?
- 3.414. Для чего точат (заостряют) стамески, пилы и другие режущие инструменты?
- 3.415. Человек массой 40 кг стоит на квадратном деревянном щите, весом которого можно пренебречь (рис. 188). Определите давление, которое человек, стоя на щите, производит на болотистую поверхность.



Рис. 187. К Задаче 3.413



Рис. 188. К задаче 3.415

- 3.416. Зависит ли давление колесного трактора на дорогу от давления внутри баллона колеса?
- 3.417. Почему задние оси грузовых автомашин часто имеют колеса с двойными баллонами?
- 3.418. В тисках зажат болт (рис. 189). Одинаково ли давление p_1 , производимое на головку Г болта, и давление p_2 , производимое на стержень С? Почему?
- 3.419. Высота уровня жидкого топлива в баке 70 см. Определите, под каким давлением топливо поступает в фильтр (рис. 190). Плотность топлива 860 кг/м^3 .
- 3.420. Можно ли подавать воду на высоту 30 м при помощи насоса, расположенного на высоте 30 м? 5 м?
- 3.421. Можно ли считать медицинский шприц насосом?
- 3.422. Собака легко перетаскивает утопающего в воде, однако на берегу она не может сдвинуть его с места. Почему?

3.423. Ходить по берегу, усеянному морской галькой, босыми ногами больно. А в воде, погрузившись глубже пояса, ходить по мелким камням не больно. Почему?

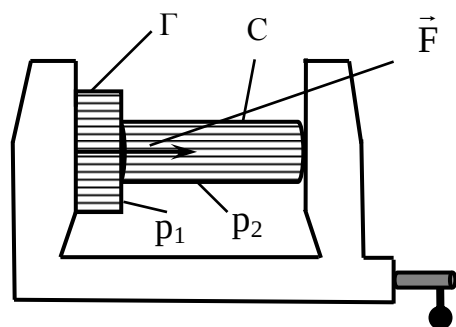


Рис. 189. К задаче 3.418

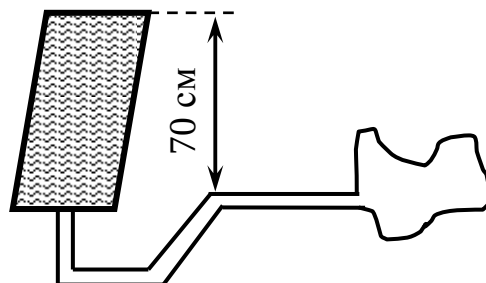


Рис. 190. К задаче 3.419

3.424. Теплоход переходит из реки в море. Сравните выталкивающие силы, действующие на него в этих бассейнах.

3.425. Вес тел по мере приближения к экватору уменьшается. Корабль, имеющий в Белом море вес 200000 кН, в Черном море становится легче на 800 кН. Изменится ли его осадка в воде? Различием плотности воды в Черном и Белом морях пренебречь.

3.426. На рис. 191 изображены два ареометра разной формы. Какой из ареометров более чувствительный?

3.427. Лактометром (рис. 192) определяют плотность молока. В каком молоке – с большим или меньшим содержанием жира – лактометр погрузится глубже? Почему?

3.428. Почему нагретый воздух поднимается в более холодном?

3.429. Чем объясняется наличие максимальной высоты («потолка») для воздушного шара, которую он не в состоянии преодолеть?

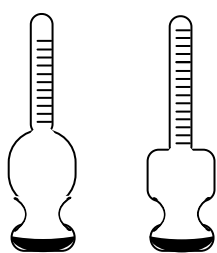


Рис. 191. Ареометры

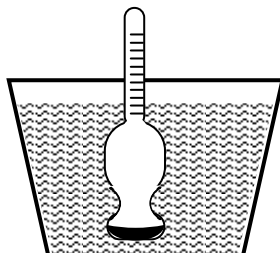


Рис. 192. Лактометр

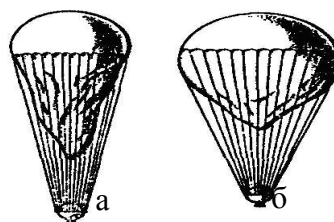


Рис. 193. К задаче 3.430

3.430. На рис. 193 представлен один и тот же стратостат на различных высотах над землей. Какой форме стратостата соответствует большая высота подъема?

3.431. Почему в реке с илистым дном мы больше вязнем на мелком месте, чем на глубоком?

- 3.432. Для чего ботинки водолаза делают с тяжелыми свинцовыми подошвами?
- 3.433. Почему держаться на поверхности воды в море значительно легче, чем в реке?
- 3.434. В двух одинаковых стаканах налита вода до одной высоты. В один стакан опустили однородный слиток стали массой 100 г, а в другой – серебра той же массы. Одинаково ли поднимется вода в обоих стаканах?
- 3.435. Допустим, что на борту лунной лаборатории проводят опыт, связанный с архимедовой силой. Каковы будут результаты опыта, например с камнем, погруженным в воду, в такой лаборатории? Не будет ли камень плавать на поверхности воды, так как он весит на луне в 6 раз меньше, чем на Земле?
- 3.436. В стакане с водой плавает в вертикальном положении брусок. Как изменится уровень воды в стакане, если брусок перейдет в горизонтальное положение?
- 3.437. Сосуд с водой установлен на ребре доски (рис. 194). Нарушится ли равновесие, если на поверхность воды положить дощечку и на нее поставить гирю так, что дощечка с гирей будет плавать на поверхности воды?

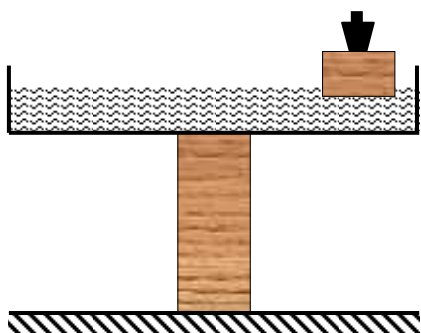


Рис. 194. К задаче 3.437

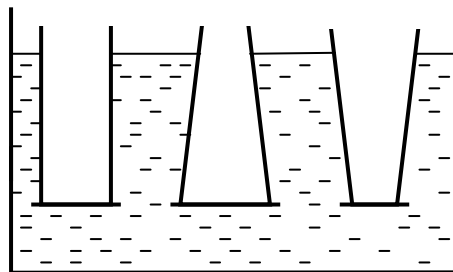


Рис. 195. К задаче 3.439

- 3.438. Сосуд с водой падает с ускорением $a < g$. Как меняется давление в сосуде с глубиной?
- 3.439. Три сосуда с приставным дном погружены в воду на одинаковую глубину. Дно каждого из сосудов (рис. 195) отпадает, если налить в них по 1 кг воды. Отпадет ли дно, если налить в сосуды по 1 кг масла? Налить в сосуды по 1 кг ртути? Положить в каждый сосуд по гире массой 1 кг?
- 3.440. На точных аналитических весах, находящихся под стеклянным колпаком, взвешивают тело. Изменятся ли показания весов, если выкачать из-под колпака воздух?

- 3.441. Человек, который нес автомобильную камеру, решил облегчить свою ношу, используя выталкивающую силу воздуха (по закону Архимеда). Для этого человек накачал камеру, увеличив тем самым ее объем. Достиг ли этим человек своей цели?
- 3.442. Почему при выпуске воды из ванны над сливным отверстием образуется воронка, а иногда и воздушный канал?

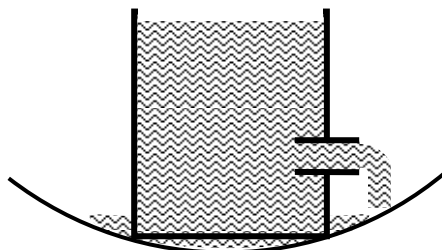


Рис. 196. К задаче 3.443

- 3.443. На одной из чашек весов стоит сосуд с водой (рис. 196). Изменится ли равновесие, если открыть кран? Вытекающая вода попадает на ту же чашку весов, на которой стоит сосуд?

Тестовые задания

- 3.444. Приподнять камень, погруженный в воду легче, чем приподнять такой же камень на суше. Это объясняется тем, что:
- 1) ускорение свободного падения в воде меньше, чем в воздухе;
 - 2) давление воды на нижнюю поверхность камня больше, чем на верхнюю поверхность;
 - 3) плотность воды у нижней поверхности камня больше, чем у верхней его поверхности;
 - 4) на камень в воде действует атмосферное давление.
- 3.445. На столе стоят четыре открытых сосуда различной формы, заполненной водой (рис. 197). Уровень воды во всех сосудах одинаков, атмосферное давление 10^5 Па. Сравнить давление в точках А, В, С, D.

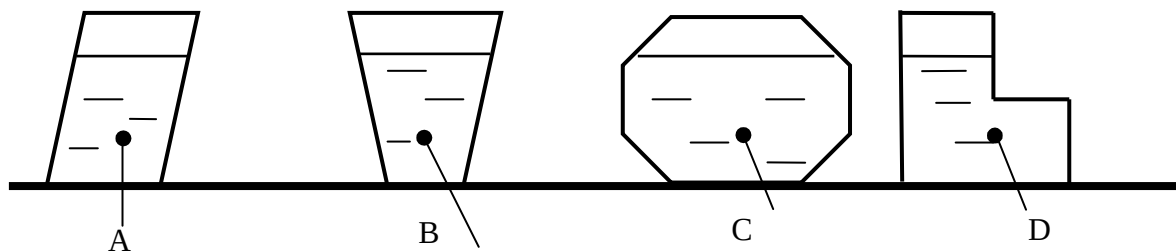


Рис. 197. К задаче 3.445

- 1) $p_D < p_A = p_B < p_C$; 2) $p_A < p_B < p_C < p_D$;
 3) $p_D = p_A = p_B = p_C$; 4) $p_D < p_A = p_B = p_C$.

3.446. Координаты пузырька воздуха, который всплывает в жидкости, были измерены в различные моменты времени и отмечены точками на каждом из четырех рисунков. Погрешность измерения координаты равна 0,5 см, а времени – 0,5 с. Какой из графиков (рис. 198) построен правильно с учетом всех результатов измерений и их погрешностей?

- 1) График А. 2) График Б. 3) График В. 4) График Г.

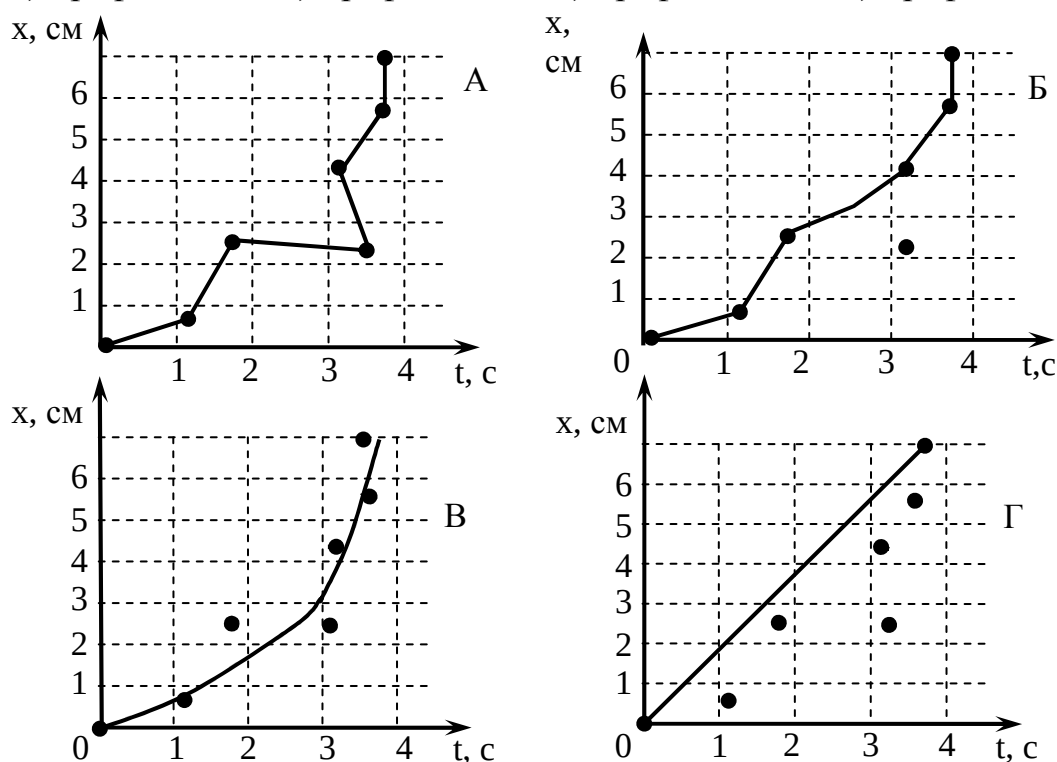


Рис. 198. К задаче 3.446

3.447. Определите, какую работу необходимо совершить для того, чтобы переместить в воде с глубины 1 м на глубину 37 м тело массой 100 г и объемом 5000 см^3 .

- 1) 1764 Дж; 2) 1800 Дж; 3) 1836 Дж; 4) 1900 Дж.

3.448. Шарик массой 30 г и объемом 100 см^3 падает в воду с высоты 20 м. Определите, на какую максимальную глубину он сможет погрузиться. Действием сопротивления воздуха и воды можно пренебречь.

- 1) 4 м; 2) 6 м; 3) 8,6 м; 4) 20 м.

3.449. В гидравлическом прессе на поршень диаметром $d_1 = 5$ см (рис. 199) действует сила $F_1 = 100$ Н. Сила, действующая на большой поршень диаметром $d_2 = 10$ см, равна:

- 1) 50 Н;
- 2) 400 Н;
- 3) 500 Н;
- 4) 1000 Н.

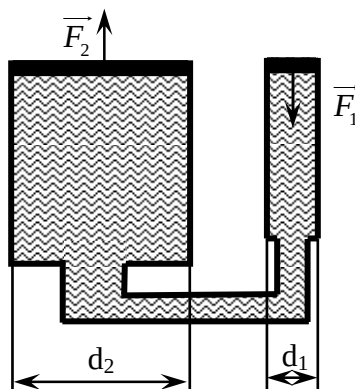


Рис. 199. К задаче 3.449

3.450. В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты неизвестная жидкость плотностью ρ_1 и вода плотностью $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³. На рисунке 200: $b = 10$ см, $h = 24$ см, $H = 30$ см. Плотность жидкости ρ_1 равна

- 1) $0,6 \cdot 10^3$ кг/м³;
- 2) $0,7 \cdot 10^3$ кг/м³;
- 3) $0,8 \cdot 10^3$ кг/м³;
- 4) $0,9 \cdot 10^3$ кг/м³.

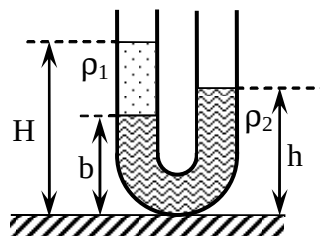


Рис. 200. К задаче 3.450

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.451. Манометр, установленный на батискафе, показывает, что давление воды составляет 9,8 МПа. Определите, на какой глубине находится батискаф.
- 3.452. Определить давление воды на стенку цилиндрического сосуда с диаметром основания 20 см на расстоянии 5 см от дна. Объем воды в сосуде 10 л.
- 3.453. Канал перегороден плотиной, ширина которой 8 м и высота 6 м. Глубина канала равна половине высоты плотины. С какой силой вода давит на плотину? Плотность воды 10^3 кг/м³.

- 3.454. До какой высоты h надо налить жидкость в цилиндрический сосуд, чтобы сила давления жидкости на дно была вдвое больше ее силы давления на стенку?
- 3.455. Оцените во сколько раз давление оказываемое океаном на 1 м^2 дна Марианской впадины больше 1 атм.
- 3.456. На какую глубину погрузилась подводная лодка в море, если давление, испытываемое ею на этой глубине, в 11 раз больше атмосферного? Атмосферное давление 750 мм.рт.ст. Плотность морской воды 1030 кг/м^3 .
- 3.457. Вес тела в воде в четыре раза меньше, чем в воздухе. Какова его плотность?
- 3.458. Полый медный шар плавает в воде, наполовину погрузившись в нее. Найти массу меди в нем, если объем полости $V_{\text{пол}} = 15 \text{ см}^3$.
- 3.459. Малый поршень гидравлического пресса за один ход опускается вниз на $\Delta h_1 = 25 \text{ см}$, а большой поднимается на $h_2 = 5 \text{ мм}$ (рис. 201). Какова сила давления F_2 , действующая на большой поршень, если к малому поршню приложена сила $F_1 = 200 \text{ Н}$? Найти работу, совершаемую за один ход поршней.

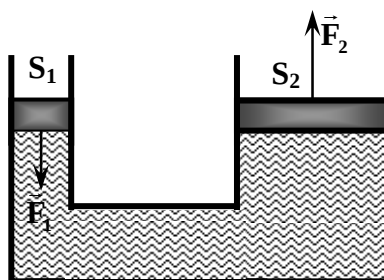


Рис. 201. К задаче 3.459

- 3.460. Объем подводной части плавающего айсберга 100 м^3 . Найти объем всего айсберга. Плотность воды 10^3 кг/м^3 , плотность льда $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
- 3.461. Кусок стекла массой 1 кг падает в воду с постоянной скоростью. Найти силу сопротивления воды $F_{\text{сопр}}$ падению стекла. Плотность стекла $\rho_c = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_v = 10^3 \text{ кг/м}^3$.
- 3.462. Скорость течения воды в широкой части трубы 10 см/с. Какова скорость ее течения в узкой части, диаметр которой в 4 раза меньше диаметра широкой части?
- 3.463. Максимально допустимая скорость течения воды в трубе $v_{\text{max}} = 3 \text{ м/с}$. Чему равен минимальный диаметр трубы D_{min} при расходе воды $V = 5 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ за 1 час?

- 3.464. У нижнего отверстия вертикальной трубы с уменьшающимся вверх сечением скорость потока $v_1 = 1$ м/с и давление в потоке $p_1 = 2$ атм., а у верхнего отверстия скорость потока $v_2 = 2$ м/с и давление $p_2 = 0,5$ атм. (рис. 202). Какова высота трубы h ? Каков диаметр верхнего отверстия D_2 , если диаметр нижнего $D_1 = 15$ см?

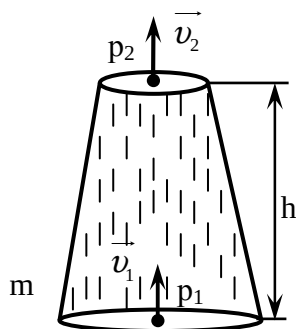


Рис. 202. К задаче 3.464.

Уровень В

- 3.465. В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а затем в левое колено налит столб масла высотой $h_1 = 20$ см, а в правое – столб воды высотой $h_2 = 30$ см. Найти разность уровней ртути Δh в сосудах (рис. 203). Плотность масла $0,9 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность ртути $13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, плотность воды 10^3 кг/м³.

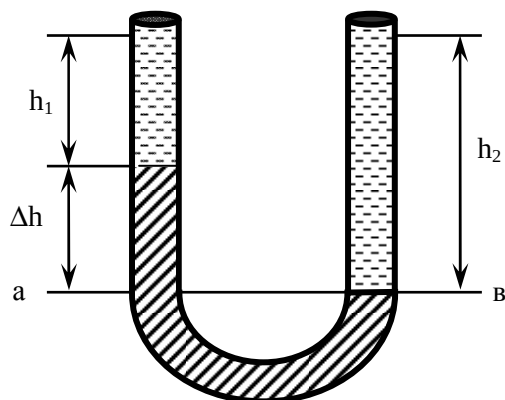


Рис. 203 К задаче 3.465

- 3.466. В сообщающиеся сосуды разного сечения (рис. 204) узкое колено которых наклонено к горизонту под углом $\alpha = 60^\circ$, налита ртуть, а затем в широкое колено с площадью сечения 1 см^2 налито 200 г воды. Найти длину столбика ртути Δl над уровнем, ниже которого в сосудах только ртуть.
- 3.467. Чему равно число брёвен N , из которых необходимо связать плот, чтобы переправить через реку человека массой $m_{\text{ч}}$, если длина бревна l , а диаметр D ? Желательно, чтобы брёвна были погружены

в воду не больше, чем наполовину. Плотность дерева ρ_d и плотность воды ρ_v известны.

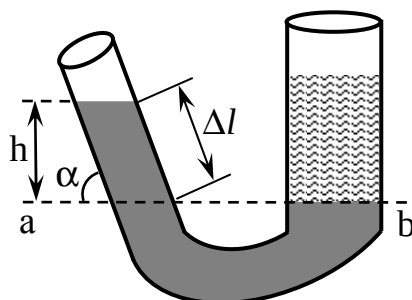


Рис. 204. К задаче 3.466

3.468. Какую массу имеет деревянный кубик со стороной l (рис. 205), если при переносе его из масла в воду, глубина погружения кубика уменьшилась на h ? Плотность воды ρ_v , плотность масла ρ_m .

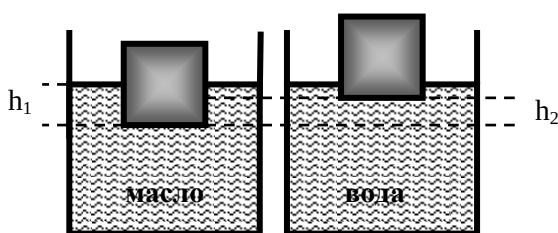


Рис. 205. К задаче 3.468

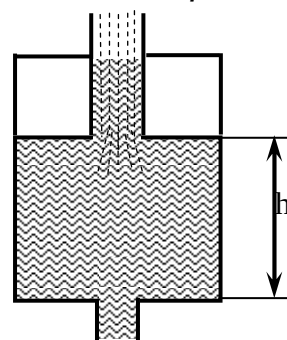


Рис. 206. К задаче 3.469

3.469. В сосуд каждые $t = 5$ с поступает $m = 5$ кг воды. На дне сосуда имеется круглое отверстие, через которое поступающая вода вытекает. Уровень воды в сосуде располагается на высоте $h = 50$ см от дна (см. рис. 206). Чему равен диаметр отверстия D ?

3.470. В сосуд, наполненный смесью жидкостей, плотность которых изменяется с глубиной по закону $\rho = \rho_0 + \alpha h$, опускают тело плотностью ρ . Тело целиком погружается в жидкость. На какой глубине окажется положение центра тяжести тела, если оно имеет форму куба? При погружении грань куба параллельна поверхности жидкости.

3.2.6. Механические колебания и волны

Качественные и графические задачи

- 3.471. Обычно считают, что звук создается колеблющимся телом. Что же колеблется, когда человек говорит или поет, то есть что является источником звука?
- 3.472. При обследовании больного врач часто постукивает по грудной клетке пациента или по собственному пальцу, прижатому к ней. Каким образом по характеру звуков врач может судить о состоянии внутренних органов больного?
- 3.473. Почему детские и женские голоса обычно выше мужских?
- 3.474. Почему мы не воспринимаем как звук те колебания воздуха, которые создаются крыльями пролетающей птицы?
- 3.475. При полете, комар издает звук более высокого тона, чем шмель. Какое из этих насекомых чаще взмахивает крылышками?
- 3.476. Почему в лесу довольно трудно определить, откуда идет звук?
- 3.477. Почему хвойный и лиственный леса шумят от ветра по-разному?
- 3.478. Почему на опушке леса хорошо слышно эхо?
- 3.479. Почему летучие мыши даже в полной темноте не налетают на препятствия?
- 3.480. Фонендоскоп – инструмент для выслушивания звуковых явлений, происходящих во внутренних органах человека, состоит из звукоулавливающей камеры с целлулоидной мембраной и двух резиновых трубок с наконечниками для ушей. Изменится ли работа фонендоскопа, если резиновые трубки заменить сплошным резиновым шнуром?
- 3.481. Почему мембрану фонендоскопа следует прикладывать непосредственно к телу, а не к одежде человека?
- 3.482. Как привести в колебания маятник стенных часов, сообщив ему:
а) потенциальную энергию; б) кинетическую энергию?
- 3.483. Как изменится ход часов с маятником на металлическом стержне при а) повышении температуры; б) при поднятии на гору; в) при переезде из Мурманска в Ташкент?
- 3.484. Колебания каких из приведенных ниже тел будут свободными:
а) поршень в цилиндре двигателя; б) игла швейной машины; в) ветка дерева после того, как с нее слетела птица; г) струна музыкального инструмента; е) мембрана телефона при разговоре; ж) чашка рычажных весов?
- 3.485. Чтобы помочь шоферу вытащить автомобиль, застрявший в грязи, несколько человек «раскачивают» автомобиль, причем толчки,

как правило, производятся по команде. Безразлично ли, через какие промежутки времени подавать команду?

3.486. На рисунке 207 приведены графики $x(t)$ двух колебательных движений. Сравнить амплитуды, периоды и частоты колебаний.

3.487. По графику, приведенному на рисунке 208, найти амплитуду, период и частоту колебаний.

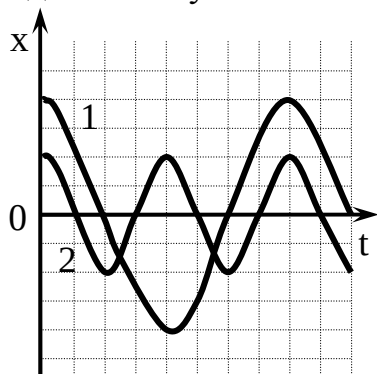


Рис. 207. К задаче 3.486

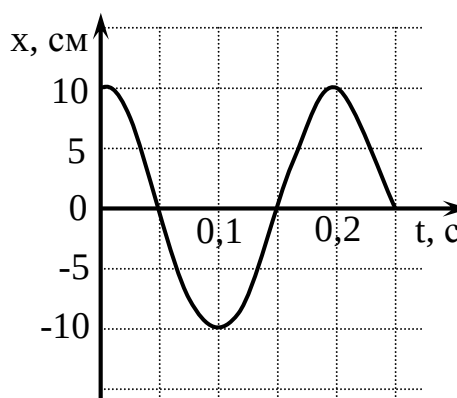


Рис. 208. К задаче 3.487.

3.488. Начертить на одном графике два гармонических колебания с одинаковыми амплитудами $A_1=A_2=2$ см и одинаковыми периодами $T_1=T_2=8$ с, но имеющими разность фаз $\varphi_2-\varphi_1$, равную: а) $\pi/4$; б) $\pi/2$; в) π ; г) 2π .

Тестовые задания

3.489. Амплитуда свободных колебаний тела равна 0,5 м. Какой путь прошло это тело за 5 периодов колебаний?

1) 2,5 м; 2) 0,5 м; 3) 2 м; 4) 10 м.

3.490. Период колебаний пружинного маятника равен T . Массу маятника увеличили в 4 раза. Как изменился период колебаний?

1) увеличился в 4 раза;
2) уменьшился в 4 раза;
3) уменьшился в 2 раза;
4) увеличился в 2 раза.

3.491. При увеличении длины математического маятника в 4 раза и увеличении его массы в 2 раза период его колебаний:

1) увеличивается в 2 раза;
2) уменьшается в 2 раза;
3) не изменяется;
4) увеличивается в 4 раза.

3.492. Математический маятник совершил 100 колебаний за 314 с. Чему равна длина маятника?

1) 5 м; 2) 5π м; 3) 2,5 м; 4) 10 м.

- 3.493. Отношение длин двух математических маятников l_1/l_2 , периоды которых связаны соотношением $T_1=4 \cdot T_2$ равно:
 1) $l_1/l_2 = 16$; 2) $l_1/l_2 = 0,5$; 3) $l_1/l_2 = 4$; 4) $l_1/l_2 = 2$.
- 3.494. Два пружинных маятника (невесомая пружина с грузом) имеют одинаковые пружины. Отношение масс грузов $m_1/m_2 = 4$. Каково при этом отношение частот колебаний маятников ν_1/ν_2 ?
 1) 16; 2) 0,5; 3) 4; 4) 2.
- 3.495. С какой скоростью проходит груз пружинного маятника, имеющего массу 400 г, положение равновесия, если жесткость пружины 40 Н/м, а амплитуда колебаний 4 см?
 1) 0,1 м/с; 2) 4 м/с; 3) 0,4 м/с; 4) 10 м/с.
- 3.496. С какой скоростью проходит груз пружинного маятника, имеющий массу 0,1 кг, положение равновесия, если жесткость пружины 40 Н/м, а амплитуда колебаний 2 см?
 1) 4 м/с; 2) 10 м/с; 3) 0,1 м/с; 4) 0,4 м/с.
- 3.497. Груз подвешен на нити и отклонен от положения равновесия так, что его высота над поверхностью Земли увеличилось на 20 см. С какой скоростью тело будет проходить положение равновесия при свободных колебаниях?
 1) 2 м/с; 2) 4 м/с; 3) 20 м/с; 4) 1 м/с.
- 3.498. Звуковой генератор дает колебания с частотой 330 Гц. Скорость звука в воздухе 330 м/с. При распространении звука в воздухе
 1) частицы воздуха движутся со скоростью 330 м/с
 2) частицы воздуха вращаются с периодом $1/330$ с
 3) давление воздуха изменяется по гармоническому закону с частотой 330 Гц
 4) частицы воздуха движутся со скоростью 1 м/с
- 3.499. Учитель продемонстрировал опыт по распространению волны (рис. 209) по длинному шнуру. В один из моментов времени форма шнура оказалась такой, как показано на рисунке. Скорость распространения колебаний по шнуру равна 2 м/с. Частота колебаний равна

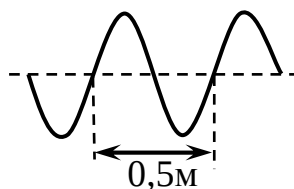


Рис. 209. К задаче 3.499

- 1) 0,25 Гц; 2) 1 Гц; 3) 4 Гц; 4) 50 Гц.

3.500. На рисунке 210 изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно

- 1) 10;
- 2) 2;
- 3) 5;
- 4) 4.

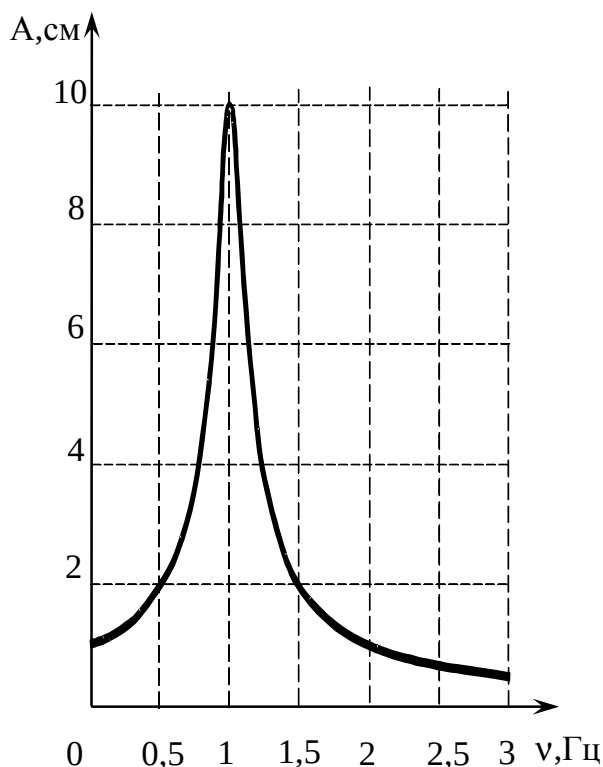


Рис. 210. К задаче 3.500

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.501. Грузик, колеблющийся на пружине, за 8 с совершил 32 колебания. Найти период и частоту колебаний.
- 3.502. Частота колебаний крыльев комара 600 Гц, а период колебаний крыльев шмеля 5 мс. Какое из насекомых и на сколько больше сделает при полете взмахов крыльями за 1 мин?
- 3.503. Амплитуда колебаний точки струны 1 мм, частота 1 кГц. Какой путь пройдет точка за 0,2 с?
- 3.504. На какое расстояние надо отвести от положения равновесия груз массой 640 г, закрепленного на пружине жесткостью 0,4 кН/м, чтобы он проходил положение равновесия со скоростью 1 м/с?
- 3.505. Первый шар колеблется на пружине, имеющей жесткость в четыре раза большую, чем жесткость пружины, на которой колеблется второй шар такой же массы. Какой из шаров и во сколько раз дальше надо отвести от положения равновесия, чтобы максимальные скорости были одинаковы?
- 3.506. К спиральной пружине подвесили грузик, в результате чего пружина растянулась на 9 см. Каков будет период колебаний грузика, если его немного оттянуть вниз и затем отпустить?
- 3.507. Поршень в цилиндре двигателя проходит расстояние 66 мм между крайними положениями за $6 \cdot 10^{-3}$ с. Принимая, что движение

- поршня происходит по гармоническому закону, определите максимальную скорость поршня.
- 3.508. Если к шарiku массой m_1 , колеблющемуся на пружине, подвесить снизу еще один шарик массой $m_2 = 300$ г, то частота колебаний уменьшится в n раз. Чему равна масса m_1 первого шарика?
- 3.509. Тело совершает гармонические синусоидальные колебания с амплитудой 10 см и начальной фазой $\pi/6$. Определить смещение тела от положения равновесия в начальный момент времени ($t = 0$).
- 3.510. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.
- 3.511. Если к некоторому грузу, колеблющемуся на пружине, подвесить гирю массой 100 г, то частота колебаний уменьшится в 1,41 раза. Какой массы груз был первоначально подвешен к пружине?
- 3.512. Во сколько раз изменится период колебаний груза подвешенного на резиновом жгуте, если отрезать $\frac{3}{4}$ длины жгута и подвесить на оставшуюся часть тот же груз?
- 3.513. Во сколько раз изменится частота колебаний математического маятника при увеличении длины нити в 3 раза?
- 3.514. Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время один совершает 10, а второй 30 колебаний?
- 3.515. Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой $A = 5$ см, если за 1 мин совершается 150 колебаний и начальная фаза колебаний $\varphi = \pi/4$. Начертите график этого движения.
- 3.516. Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой $A = 0,1$ м, периодом $T = 4$ с и начальной фазой $\varphi = 0$.
- 3.517. Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой $A = 50$ мм, периодом 4 с и начальной фазой $\pi/4$. Найти смещение x колеблющейся точки от положения равновесия при $t = 0$ и $t = 1,5$ с. Начертить график этого движения.
- 3.518. Амплитуда гармонического колебания $A = 5$ см, период $T = 4$ с. Найти максимальную скорость колеблющейся точки и ее максимальное ускорение.
- 3.519. Уравнение движения точки дано в виде $x = 2 \sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4}\right)$, см. Найти период колебаний, максимальную скорость и максимальное ускорение точки.
- 3.520. Материальная точка совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид: $x = 50 \sin 100\pi t$ (длина выражена в милли-

- метрах, время – в секундах). Определить амплитуду, частоту и период колебаний. Найти смещение x_1 для фазы $\varphi_1 = 2\pi/9$.
- 3.521. Уравнение гармонических колебаний имеет вид: $x = 5 \cos 0,2\pi t$.
Определить $v(t)$, $a(t)$, $F(t)$, $W_k(t)$.
- 3.522. Написать уравнение гармонического колебания, если его амплитуда 5 см, период 4 с, начальная фаза $\pi/4$ рад. Построить графики зависимости смещения, скорости и ускорения от времени.
- 3.523. Написать уравнение гармонического колебания тела, если его полная энергия $3 \cdot 10^{-5}$ Дж, максимальная сила, действующая на тело, 1,5 мН, период колебания 2 с и начальная фаза 60° .
- 3.524. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебаний 2 с, амплитуда 50 мм, начальная фаза равна нулю. Найти скорость точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия 25 мм.
- 3.525. Медный шарик, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания. Как изменится период колебаний, если к пружине подвесить вместо медного шарика алюминиевый такого же радиуса?
- 3.526. К пружине подвешен груз массой 10 кг. Зная, что пружина под влиянием силы 9,8 Н растягивается на 1,5 см, найти период вертикальных колебаний груза.
- 3.527. Математический маятник, повешенный на нити длиной 0,5 м, совершает колебания с амплитудой 2 см. Написать уравнение, выражающее зависимость смещения, скорости и ускорения этого маятника от времени колебаний. Чему равно ускорение маятника при смещении 1 см? Начальную фазу принять равной нулю.
- 3.528. Через какое время от начала движения точка, совершающая гармоническое колебание, сместится от положения равновесия на половину амплитуды? Период колебаний 24 с, начальная фаза равна нулю.
- 3.529. Через какое время от начала движения точка, совершающая колебательное движение по уравнению $x = 7 \sin \frac{\pi}{2} t$, проходит путь от положения равновесия до максимального смещения?
- 3.530. Амплитуда гармонических колебаний материальной точки 2 см, полная энергия колебаний 0,3 мкДж. При каком смещении x от положения равновесия на колеблющуюся точку действует сила 22,5 мкН?

- 3.531. При какой скорости поезда маятник длиной 11 см, подвешенный в вагоне, особенно сильно раскачивается, если расстояние между стыками рельсов 12,5 м?
- 3.532. Поплавок на волнах за 20 с совершил 30 колебаний, а на расстоянии 20 м наблюдатель насчитал 10 гребней. Чему равна скорость волны?
- 3.533. С лодки в спокойную воду бросили якорь, и по водной глади от места бросания пошли волны. Наблюдатель на берегу заметил, что за время 10 с произошло 25 всплесков волны о берег. Найти расстояние от лодки до берега, если между гребнями волн 1 м, а волна добежала до берега за 40 с.
- 3.534. Найти смещение от положения равновесия точки, расположенной на расстоянии $r = \lambda/6$ от источника колебаний, для момента времени $t = T/4$. Амплитуда колебаний 2 см.
- 3.535. Звуковые колебания, имеющие частоту 500 Гц и амплитуду 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Найти скорость распространения колебаний (скорость волны) и максимальную скорость колебаний частиц воздуха.
- 3.536. Когда наблюдатель воспринял по звуку, что самолет находится у него над головой, он увидел его под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. С какой скоростью летит самолет? На каком расстоянии от наблюдателя он находится в этот момент, если звук дошел до него за 2 с?
- 3.537. Чему равна длина бегущей волны, если расстояние между первой и четвертой пучностями стоячей волны 18 см?
- 3.538. Уравнение незатухающих колебаний имеет вид $x = 4 \sin 600\pi t$, см. Найти смещение x от положения равновесия точки, находящейся на расстоянии 75 см от источника колебаний, для момента времени 0,01 с после начала колебаний. Скорость распространения колебаний 300 м/с.
- 3.539. Один из математических маятников совершил $N_1 = 20$ колебаний, другой за то же время совершил $N_2 = 12$ колебаний. Определите длины обеих маятников, если разность их длин $\Delta l = 16$ см.
- 3.540. Определите, во сколько раз изменится длина ультразвуковой волны при переходе ее из меди в сталь, если скорость распространения ультразвука в меди и стали соответственно равны $v_1 = 3,6$ км/с и $v_2 = 5,5$ км/с.

Уровень В

- 3.541. За одно и то же время один математический маятник делает 50 колебаний, а другой 30. Найти их длины, если один из них на 32 см короче другого.

- 3.542. Масса точки, колеблющейся по закону $x = 10 \sin 200\pi t$ мм, где t – выражено в секундах, равна 0,5 г. Найти максимальное значение возвращающей силы.
- 3.543. Груз на длинной нити может совершать колебания в вертикальной плоскости, отклоняясь на угол α от вертикали (математический маятник). Этот же груз может вращаться по окружности, так что нить описывает конус (конический маятник). В каком случае натяжение нити, отклоненной на угол α от вертикали, будет больше?
- 3.544. Чему равен период колебаний математического маятника, находящегося в вагоне, движущимся горизонтально с ускорением a ?
- 3.545. Определить период колебаний маятника в лифте, движущемся вертикально с ускорением a .
- 3.546. Как изменится период вертикальных колебаний груза, висящего на двух одинаковых пружинах, если последовательное соединение пружин заменить параллельным?
- 3.547. Часы, период колебаний маятника которых равен 1 с, на поверхности земли идут точно. В каком случае эти часы больше отстанут за сутки: если их поднять на высоту 200 м или же опустить в шахту на глубину 200 м?
- 3.548. Средняя квадратичная скорость молекул двухатомного газа 500 м/с. Чему равна скорость звука в этом газе?
- 3.549. На сколько увеличится уровень громкости звука, если его интенсивность возросла в 100 раз?
- 3.550. Из орудия произведён выстрел под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Через какое время после выстрела артиллерист услышал звук разрыва, если снаряд вылетел из ствола орудия со скоростью 600 м/с? Сопротивление воздуха не учитывать. Скорость звука 340 м/с.
- 3.551. На идеально гладкой поверхности лежит брусок массой $M = 4$ кг, прикрепленный к стене (рис. 211) упругой пружиной. Пуля массой $m = 10$ г, летящая со скоростью $v_0 = 600$ м/с и имеющая в момент удара скорость, направленную вдоль оси пружины, попала в брусок и застряла в нём. Пренебрегая сопротивлением воздуха и массой пружины, определите жёсткость пружины и период колебаний бруска с застрявшей в нём пулей, если амплитуда колебаний $A = 10$ см.

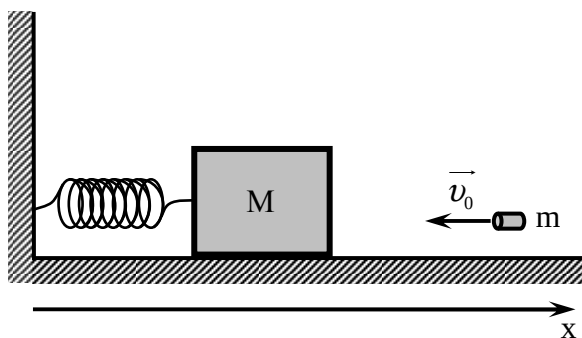


Рис. 211. К задаче 3.551

3.2.7. Элементы релятивистской механики

Тестовые задания

- 3.552. Специальная теория относительности рассматривает взаимосвязь физических процессов, происходящих...
- 1) в инерциальных системах отсчета;
 - 2) в системах отсчета, движущихся с ускорением;
 - 3) в инерциальных и неинерциальных системах отсчета;
 - 4) в любых системах отсчета.
- 3.553. Какое из перечисленных ниже утверждений является постулатом специальной теории относительности?
- 1) скорость света одинакова во всех системах отсчета;
 - 2) все законы природы одинаковы в инерциальных системах отсчета;
 - 3) все законы механики одинаковы в инерциальных системах отсчета;
 - 4) ни одно из приведенных утверждений не является верным.
- 3.554. В какой инерциальной системе отсчета скорость света в вакууме равна 30000 км/с
- 1) в любой инерционной системе отсчета;
 - 2) только в системе отсчета, связанной с Землей;
 - 3) только в системе отсчета, связанной с Солнцем;
 - 4) только в системе отсчета, связанной с далекими звездами.
- 3.555. В С.Т.О. скорость света в вакууме:
- А – является предельной, максимально возможной скоростью движения материальных объектов.
- Б – не зависит от скорости движения источника света.
- 1) А; 2) Б; 3) А и Б; 4) оба утверждения не верны.
- 3.556. Фотоны распространяются в некоторой системе отсчета движущейся относительно наблюдателя со скоростью $v = 0,9c$, где c – скорость света в вакууме. Какую скорость фотонов измерит наблюдатель.
- 1) $1,9c$; 2) c ; 3) $0,1c$;
 - 4) скорость фотонов зависит от направления движения системы отсчета относительно наблюдателя.
- 3.557. Два автомобиля движутся в противоположных направлениях со скоростями v_1 и v_2 относительно поверхности Земли. Чему равна скорость света фар первого автомобиля в системе отсчета, связанной с другим автомобилем.

- 1) c ; 2) $c+v$; 3) $c+(v_1+v_2)$; 4) $c+v_2$
- 3.558. Два электрона движутся в противоположные стороны со скоростями $0,9c$ и $0,8c$ относительно Земли. Найдите скорость второго электрона в системе отсчета, связанной с первым электроном.
- 1) $1,7c$; 2) $0,1c$; 3) c ; 4) $0,99c$.
- 3.559. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его масса в состоянии движения увеличилась на 300% .
- 1) $c\sqrt{15}$; 2) $\frac{c\sqrt{15}}{4}$; 3) $\frac{c\sqrt{15}}{2}$; 4) $15c/3$.
- 3.560. С какой скоростью должно двигаться тело по сравнению со скоростью света в вакууме c , чтобы процессы в системе отсчета связанные с ним замедлились в 2 раза?
- 1) $0,64c$; 2) $0,75c$; 3) $0,866c$; 4) $0,916c$.
- 3.561. Космический корабль, имеющий треугольную форму, пролетает мимо наблюдателя со скоростью $v=0,95c$ (c – скорость света в вакууме). В состоянии покоя корабль имеет размеры: $x_0 = 52$ м, $y_0 = 25$ м. какая форма корабля будет казаться наблюдателю при движении корабля в направлении оси x (рис. 212)?
- 3.562. Определить скорость с которой должен двигаться объект, для того чтобы продольная длина предмета в состоянии движения была втрое меньше его длины покоя.
- 1) $\frac{c2\sqrt{2}}{3}$; 2) $\frac{c\sqrt{2}}{2}$; 3) $\frac{c\sqrt{3}}{2}$; 4) $c\sqrt{2}$.

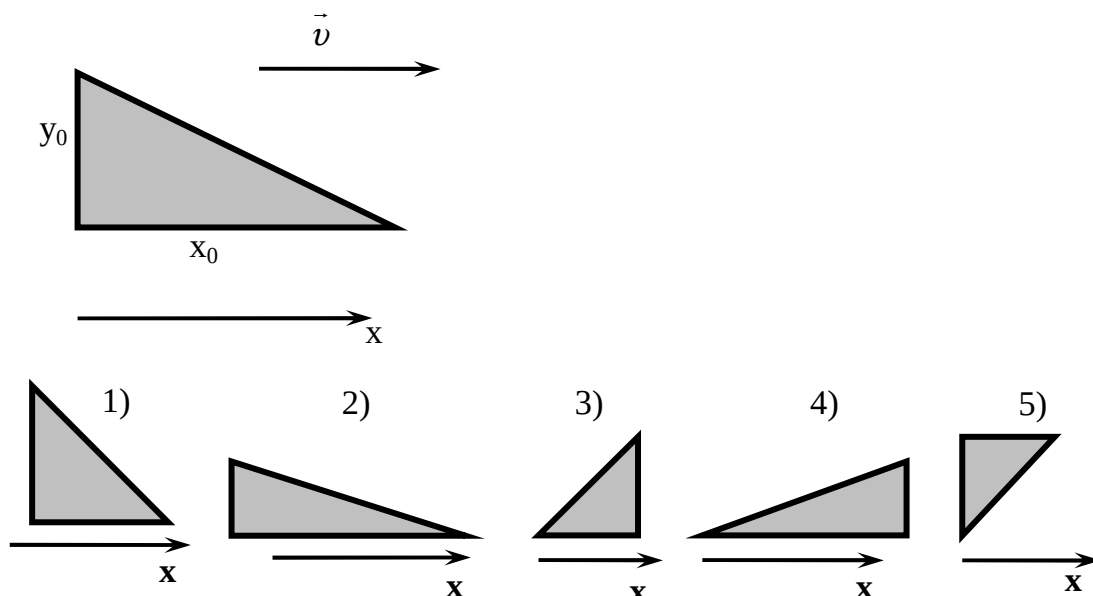


Рис. 212. К задаче 3.561

3.563. Электрон движется со скоростью $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$; чему равен импульс движущегося электрона?

- 1) $\frac{\sqrt{3}}{2}m_0c$; 2) $\sqrt{3}m_0c$; 3) $\frac{3}{4}m_0c$; 4) m_0c .

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.564. При какой относительной скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25%.
- 3.565. При какой скорости масса движущегося электрона вдвое больше его массы покоя?
- 3.566. Какому изменению массы соответствует изменение энергии на 4,19 Дж?
- 3.567. Определите скорость частицы, если известно, что кинетическая энергия частицы равна её энергии покоя.
- 3.568. Определите релятивистский импульс и кинетическую энергию протона, движущегося со скоростью 0,75 с.
- 3.569. Ядро атома испустило γ -квант с энергией $27 \cdot 10^{-14}$ Дж. В результате этого масса ядра уменьшилась на $\Delta m = x \cdot 10^{-30}$ кг. Определите значение x с точностью до целых.
- 3.570. На сколько увеличится масса α -частицы при ускорении её от начальной скорости, равной нулю, до скорости, равной 0,9 скорости света?

Уровень В

- 3.571. При проведении опытов ученые обнаружили явление образования пар «электрон и позитрон». Чему равна минимальная суммарная энергия пар? (Ответ выразите в МэВ и округлите до целых).
- 3.572. Определите, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы его продольные размеры уменьшились в два раза.
- 3.573. Солнце излучает поток энергии $3,9 \cdot 10^{26}$ Вт. За какое время масса Солнца уменьшится в 2 раза? Излучение Солнца считать постоянным.

3.574. В верхних слоях атмосферы на высоте 10 км образуется π -мезоны, время жизни которых $2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$. Определите v , с которой должны двигаться π -мезоны, чтобы достичь поверхности Земли.

3.3. Молекулярная физика и термодинамика

3.3.1. Основы молекулярной физики

Качественные и графические задачи

- 3.575. Какая разница между атомом и молекулой?
- 3.576. Средняя скорость движения молекул газа при нормальных условиях измеряется сотнями метров в секунду. Почему же запах разлитого одеколона распространяется сравнительно медленно?
- 3.577. Почему молекулы одного и того же газа при постоянной температуре движутся с разными скоростями?
- 3.578. Кто будет в выгоде – потребитель или поставщик газа, если газ будет подаваться в счетчик подогретым?
- 3.579. В стихотворении А. С. Пушкина «Кавказ» есть такие слова: «Орел, с отдаленной поднявшись вершины, парит неподвижно со мной наравне». Объясните, почему орлы, ястребы, коршуны и другие крупные птицы, парящие высоко в небе, могут держаться на одной высоте, не взмахивая при этом крыльями.
- 3.580. В каком агрегатном состоянии находится кислород при температуре 140 К? 180 К? Критическая температура 154 К.
- 3.581. При каких условиях газы можно обратить в жидкость?
- 3.582. Почему летом на лугу после захода солнца туман сначала появляется в низинах?
- 3.583. При нагревании воды пузырьки пара образуются вначале у дна сосуда. Почему?
- 3.584. Нагреется ли до более высокой температуры вода, если она будет дольше кипеть?
- 3.585. Почему, пока жидкость не кипит, пузырьки пара, образующиеся у горячего дна сосуда, поднимаясь вверх, снова уменьшаются и исчезают?
- 3.586. Почему чайник шумит перед закипанием воды в нем?
- 3.587. Даны графики нагревания и кипения одинаковых масс воды, спирта и эфира (рис. 213). Для каждого графика определите, к какой из этих жидкостей он относится. (Нагреватели во всех случаях имеют одинаковую мощность.)
- 3.588. Объяснить на основе молекулярно-кинетической теории сферическую форму жидкости в состоянии невесомости.
- 3.589. Почему воду можно налить в сосуд выше его краев.

3.590. На каких свойствах жидкости основано применение ее в различных гидравлических устройствах.

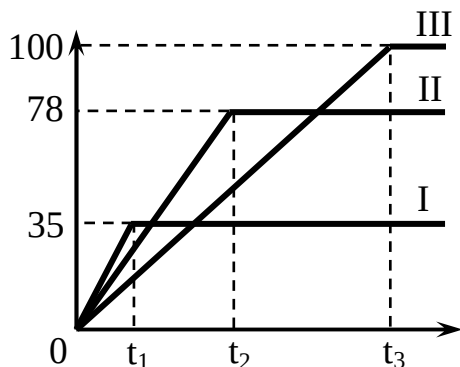


Рис. 213. К задаче 5.587

3.591. Почему глубокие водоемы даже в очень холодную зиму не промерзают до дна?

3.592. Почему очень медленно сохнет белье, когда оно сложено в кучу?

3.593. Почему даже в жаркий день, выйдя из реки после купания, человек ощущает холод?

3.594. Почему часть изохоры на графике изображается пунктирной линией?

3.595. Почему часть изобары на графике изображается пунктирной линией?

3.596. На рисунке 214 представлены две изохоры для газа одной и той же массы. Как относятся объемы газа, если углы наклона изохор к оси абсцисс равны α_1 и α_2 ?

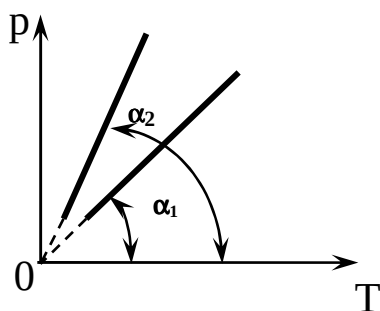


Рис. 214. К задаче 3.596

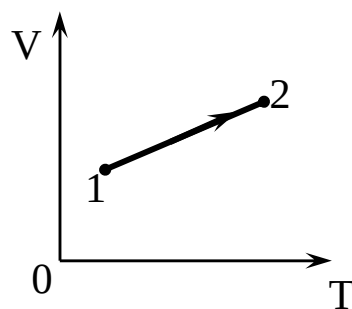


Рис. 215. К задаче 3. 597

3.597. По графику, приведенному на рисунке 215, определить, как изменится давление газа при переходе из состояния 1 в состояние 2.

3.598. На рисунке 216 представлен замкнутый цикл. Участок CD соответствует изотерме. Вычертить эту диаграмму в координатах p, T и V, T .

3.599. С газом некоторой массы был произведен замкнутый процесс, изображенный на рисунке 217. Объяснить, как изменялся объем газа при переходах 1–2, 2–3, 3–4, 4–1.

3.600. Изобразить цикл рисунка 218 в координатах p, V и V, T .

3.601. Изобразить цикл рисунка 219 в координатах p, V и p, T .

3.602. Изобразить цикл рисунка 220 в координатах p, V и V, T .

3.603. Изобразить цикл рисунка 221 в координатах p, V и p, T .

3.604. Изобразить цикл рисунка 222 в координатах p, V и V, T .

3.605. Изобразить цикл рисунка 223 в координатах p, T и V, T .

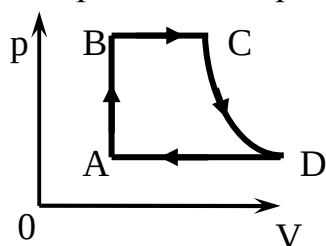


Рис. 216. К задаче 3.598

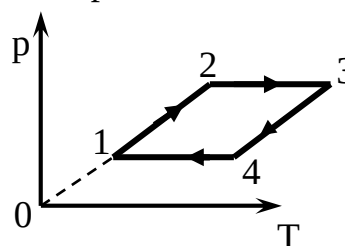


Рис. 217. К задаче 3.599

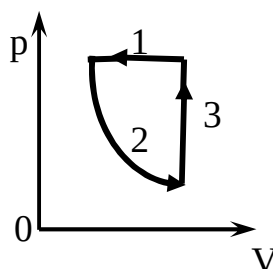


Рис. 218. К задаче 3.600

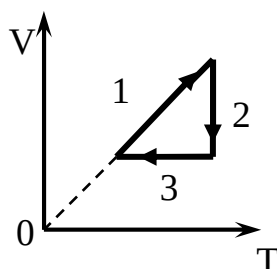


Рис. 219. К задаче 3.601

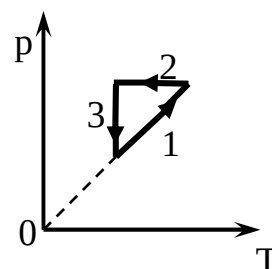


Рис. 220. К задаче 3.602

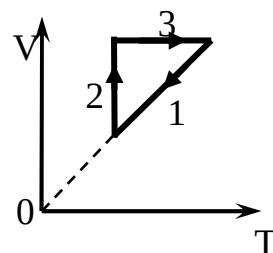


Рис. 221. К задаче 3.603

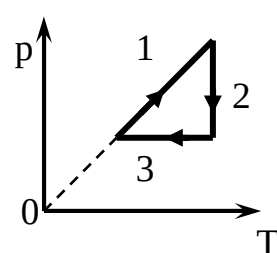


Рис. 222. К задаче 3.604

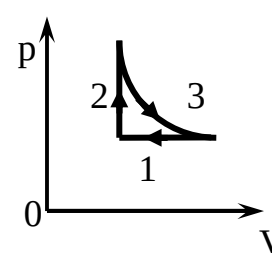


Рис. 223. К задаче 3.605

3.606. На рисунке 224 представлен график процесса изменения состояния идеального газа. Уменьшился или увеличился объем газа при переходе из состояния 1 в состояние 2? Масса газа постоянна.

3.607. На графике (рис. 225) изображен цикл в координатных осях p – V . Как изменяется температура идеального газа, в котором происходит этот цикл? Масса газа постоянна.

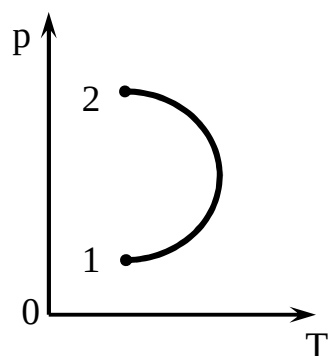


Рис. 224. К задаче 3.606

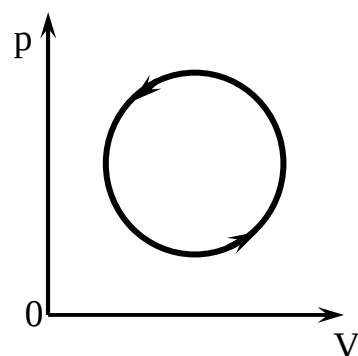


Рис. 225. К задаче 3.607

- 3.608. Можно ли применять уравнение Клапейрона–Менделеева для реальных газов? Уравнение Ван-дер-Ваальса? Каков физический смысл поправок a и b в уравнении Ван-дер-Ваальса?
- 3.609. Где выше поднимается вода в капиллярах равного радиуса – у подножия горы или на ее вершине?
- 3.610. Что называется смачиванием? Капиллярностью? Поверхностным натяжением? Какие силы удерживают атомы в молекуле?
- 3.611. Объясните, почему слипаются ваши волосы, будучи смоченными, и не слипаются, если они сухие.
- 3.612. Почему вода поднимается в капиллярных трубках, а ртуть опускается?
- 3.613. Чем объяснить, что во время сильных морозов в лесу трещат деревья?
- 3.614. Почему роса на листьях многих растений собирается в капли, а не растекается по всему листу?
- 3.615. Некоторые мелкие насекомые, попав под воду, не могут выбраться наружу. Чем это объясняется?
- 3.616. Почему зимой снег скрепит под ногами?
- 3.617. Кубик, вырезанный из монокристалла, нагреваясь, может превратиться в параллелепипед. Почему это возможно?
- 3.618. Что будет с кристаллом, если опустить его в ненасыщенный раствор? Если опустить его в перенасыщенный раствор?
- 3.619. Какого вида деформации испытывают: а) ножка скамейки; б) сиденье скамейки; в) натянутая струна гитары; г) винт мясорубки; д) сверло; е) зубья пилы?
- 3.620. Относительная влажность воздуха вечером при 16°C равна 55%. Выпадет ли роса, если ночью температура понизится до 8°C ?
- 3.621. Сухой термометр психрометра показывает 16°C , а влажный 8°C . Относительная влажность по волосному гигрометру, равна 30%. Правильны ли показания гигрометра?

- 3.622. Давление водяного пара при 14°C было равно 1 кПа. Был ли этот пар насыщенным?
- 3.623. Плотность водяного пара при 25°C равна 23 г/м^3 . Насыщенный этот пар или ненасыщенный.
- 3.624. Парциальное давление водяного пара в воздухе при 19°C было 1,1 кПа. Найти относительную влажность.
- 3.625. Можно ли сделать из кедровой шишки гигрометр?
- 3.626. Почему перед дождем ласточки летают низко?
- 3.627. На каком физическом явлении основана засолка помидоров, огурцов, капусты и других овощей?
- 3.628. Почему в сильную жару собака высовывает язык?
- 3.629. Почему у человека волосы, ресницы, в морозный день покрываются инеем?
- 3.630. Назовите твердое тело, которое при нагревании сжимается, а при охлаждении расширяется?
- 3.631. Почему алмаз имеет большую прочность, чем графит?
- 3.632. Почему соль, брошенная на раскаленные угли, трещит?
- 3.633. Как проще всего определить, какое из двух тел более твердое?
- 3.634. Две проволоки, диаметры которых отличаются в 3 раза, подвержены действию одинаковых растягивающих сил. Сравнить возникающие в них напряжения.
- 3.635. На рисунке 226 дан график зависимости упругого напряжения, возникающего в бетонной свае, от ее относительного сжатия. Найти модуль упругости бетона.

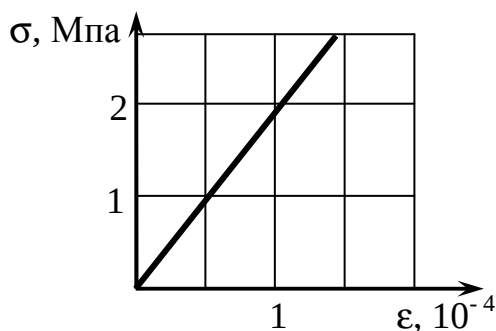


Рис. 226. К задаче 3.635

Тестовые задания

- 3.636. Подтверждением основных положений молекулярно-кинетической теории строения вещества служит:
- броуновское движение;
 - диффузия;

в) теплопроводность;

г) конвекция.

Какие утверждения правильны?

1) В, С, D; 2) А, В, С; 3) А, С, D; 4) А, В, D.

3.637. При исследовании зависимости давления газа от объема при изотермическом процессе для трех различных масс одного и того же газа были получены зависимости, приведенные на рисунке 227. Каково соотношение между массами газов, использующимися в каждом из опытов?

1) $m_1 > m_2 > m_3$; 2) $m_1 < m_2 < m_3$; 3) $m_1 = m_2 = m_3$;

4) Необходимо знать значения температуры газа в каждом опыте.

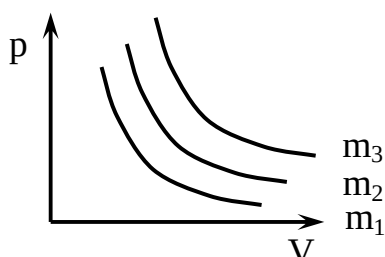


Рис. 227. К задаче 3.637

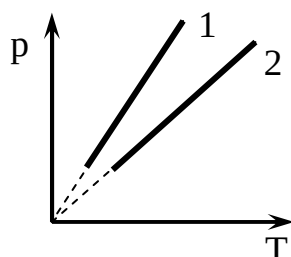


Рис. 228. К задаче 3.638

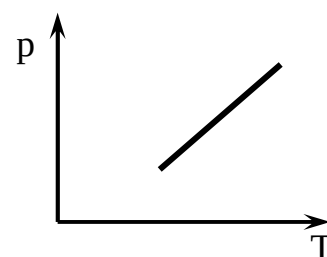


Рис. 229. К задаче 3.639

3.638. Одинаковые массы двух различных газов нагревают в двух одинаковых сосудах. Зависимость давления от температуры в этих сосудах показана на рисунке 228. Сравнить молярные массы газов.

1) $M_2 > M_1$; 2) $M_1 > M_2$; 3) $M_1 = M_2$;

4) Необходимо знать числовое значение p и T .

3.639. Какой процесс (рис. 229) изображен на графике?

1) изотермический; 2) изобарный; 3) изохорный;

4) приведенный график не является графиком изопроцесса.

3.640. В сосуде объемом $8,3 \text{ м}^3$ находится $0,04 \text{ кг}$ гелия при температуре 127°C . Определить его давление.

1) $4 \cdot 10^3 \text{ Па}$; 2) $8 \cdot 10^3 \text{ Па}$; 3) $16 \cdot 10^3 \text{ Па}$; 4) $24 \cdot 10^3 \text{ Па}$.

3.641. Какой из параметров (P ; V ; T) для данной массы газа остается постоянной величиной в случае изохорного процесса:

1) T ; 2) V ; 3) P ; 4) Q .

3.642. Какой из приведенных ниже графиков (рис. 230) соответствует процессу изотермического расширения?

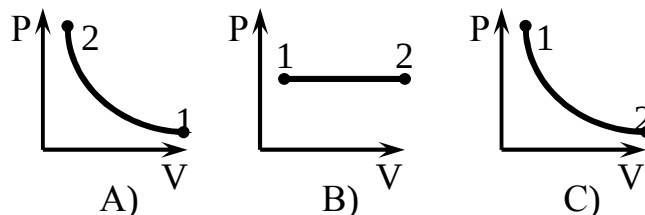


Рис. 230. К задаче 3.642

- 1) А; 2) В; 3) С; 4) ни один из графиков не соответствует изотермическому расширению.
- 3.643. Для газа данной массы произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется. Это закон:
1) Шарля; 2) Гей-Люссака; 3) Бойля-Мариотта; 4) Паскаля.
- 3.644. Для газа данной массы отношение объема к температуре постоянно, если давление газа не меняется. Это закон:
1) Шарля; 2) Гей-Люссака; 3) Бойля-Мариотта; 4) Паскаля
- 3.645. В закрытом сосуде с хорошо проводящими тепло стенками изменяют во времени концентрацию молекул газа (рис. 231). Во сколько раз давление газа при максимальной концентрации больше, чем при минимальной?
1) в 2,5 раза; 2) в 5 раз; 3) в 2 раза; 4) в 0,4 раза.

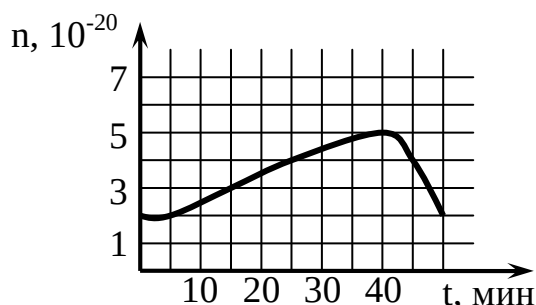


Рис. 231. К задаче 3.645

- 3.646. В результате расширения идеального газа при его нагревании давление увеличилось в 4 раза, а концентрация молекул уменьшилась в 2 раза. При этом средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа
1) увеличилась в 4 раза; 2) уменьшилась в 2 раза;
3) увеличилась в 8 раз; 4) не изменилась.
- 3.647. Плотность алюминия в 3 раза больше плотности льда. В 1 моле алюминия содержится
1) столько же атомов, сколько в одном моле льда;
2) в 3 раза меньше атомов, чем в одном моле льда;
3) на $12 \cdot 10^{23}$ атомов больше, чем в одном моле льда;
4) в 3 раза больше атомов, чем в одном моле льда.
- 3.648. В сосуде А находится 2 г молекулярного водорода, в сосуде Б – 18 г воды. В каком сосуде больше атомов?
1) нельзя сравнивать разные вещества по числу атомов;
2) в сосудах А и Б содержится примерно одинаковое число атомов;
3) в сосуде А;
4) в сосуде Б.

3.649. 3 моль водорода находятся в сосуде при температуре T . Какова температура 3 моль кислорода в сосуде того же объема и при том же давлении? (Водород и кислород считать идеальными газами.)

- 1) 32 T ; 2) 16 T ; 3) 2 T ; 4) T .

3.650. При исследовании зависимости давления газа от объема были получены некоторые данные. Какой график (рис. 232) построен правильно по экспериментальным точкам?

- 1) график А; 2) график Б; 3) график В; 4) график Г.

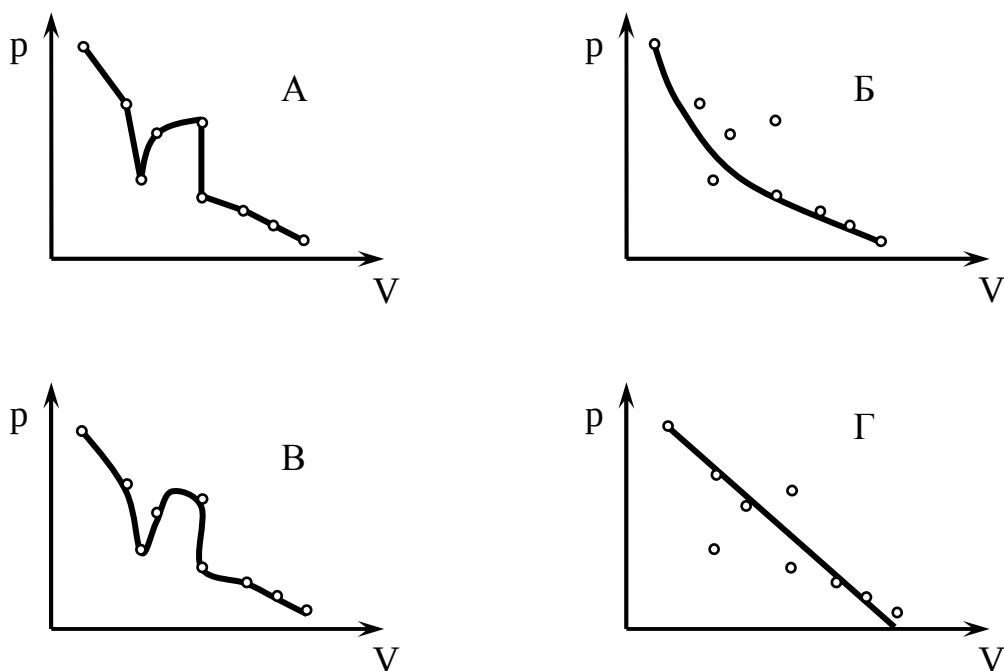


Рис. 232. К задаче 3.650

3.651. Зависимость давления идеального газа от его объема представлена на pV диаграмме (рис. 233). Как изменялась температура газа при увеличении его объема в 2 раза? Масса газа в ходе процесса оставалась постоянной.

- 1) увеличивалась в 2 раза;
2) уменьшалась в 2 раза;
3) увеличивалась в 4 раза;
4) уменьшалась в 4 раза.

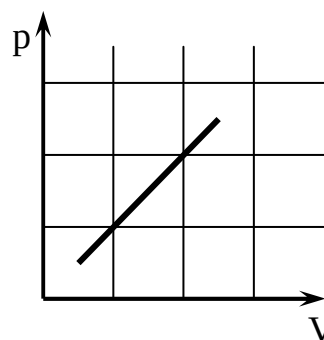


Рис. 233. К задаче 3.651

3.652. В трех сосудах одинаковой емкости находятся идеальные газы. График зависимости давления этих газов от соответствующего количества вещества приведен на рисунке 234. Установить в ка-

ком из нижеприведенных соотношений находятся абсолютные температуры этих газов.

- 1) $T_3 > T_2 > T_1$;
- 2) $T_3 < T_2 < T_1$;
- 3) $T_2 < T_3 < T_1$;
- 4) $T_3 = T_2 = T_1$.

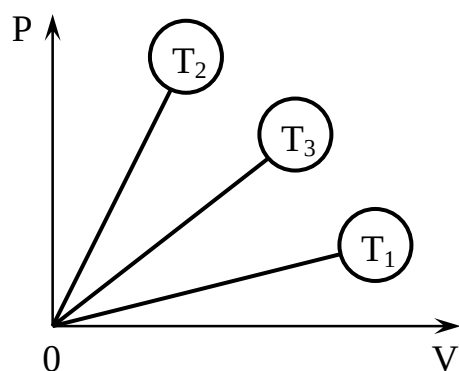


Рис. 234. К задаче 3.652

6.653. На рисунке 235 представлен замкнутый цикл над некоторой массой идеального газа. Какой или какие графики соответствуют приведенному циклу?

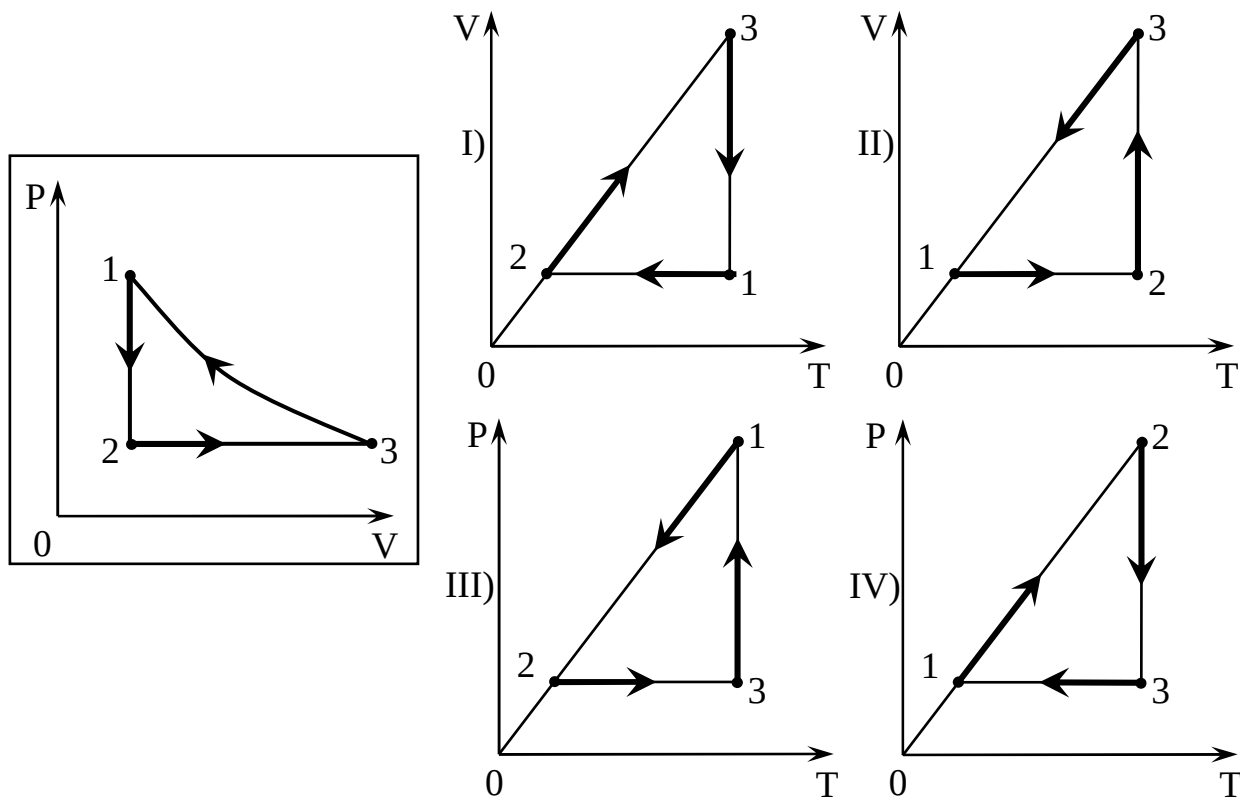


Рис. 235. К задаче 6.653

- 1) I;
- 2) I, III;
- 3) II, IV;
- 4) IV.

3.654. Твердое тело называют аморфным, если для него:

- 1) велика подвижность частиц тела;
- 2) характерно упорядоченное расположение частиц тела;
- 3) характерно неупорядоченное расположение частиц тела;
- 4) характерно наличие определенной температуры плавления.

3.655. Где выше температура кипения воды?

- 1) в глубокой шахте;
- 2) на уровне моря;
- 3) на горе;
- 4) температура не зависит от условий и места кипения.

3.656. Определите парциальное давление водяного пара на улице при температуре воздуха 25°C и относительной влажности 75%. Используйте для этого график, показывающий, как изменяется концентрация частиц в насыщенном водяном паре при изменении температуры (рис. 236).

- 1) 2,0 кПа;
- 2) 2,4 кПа;
- 3) 3,2 кПа;
- 4) 4,2 кПа.

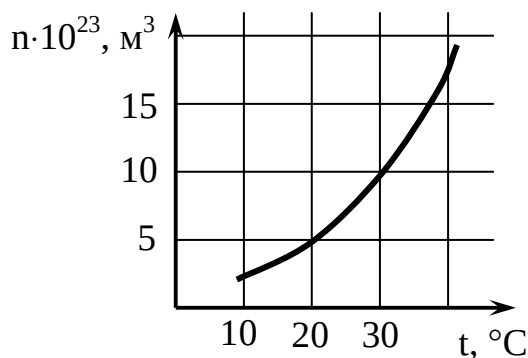


Рис. 236. К Задаче 3.656

3.657. При одинаковой температуре 100°C давление насыщенных паров воды равно 10^5 Па, аммиака – $59 \cdot 10^5$ Па и ртути – 37 Па. В каком из вариантов ответа эти вещества расположены в порядке убывания температуры их кипения в открытом сосуде?

- 1) вода $\rightarrow$ аммиак $\rightarrow$ ртуть;
- 2) аммиак $\rightarrow$ ртуть $\rightarrow$ вода;
- 3) вода $\rightarrow$ ртуть $\rightarrow$ аммиак;
- 4) ртуть $\rightarrow$ вода $\rightarrow$ аммиак.

3.658. В сосуде находится идеальный газ, массу которого изменяют. На диаграмме (рис. 237) показан процесс изохорного изменения состояния газа. В какой из точек диаграммы масса газа наибольшая?

- 1) A; 2) B; 3) C; 4) D.

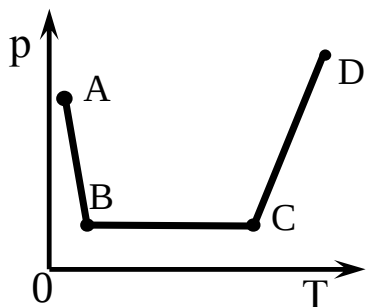


Рис. 237. К задаче 3.658

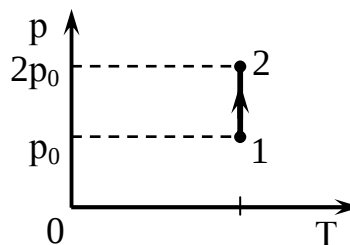


Рис. 238. К задаче 3.659

3.659. На p - T -диаграмме (рис. 238) показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдает 50 кДж теплоты. Работа внешних сил равна:

- 1) 0 кДж; 3) 50 кДж;
2) 25 кДж; 4) 100 кДж.

3.660. На рис. 239 приведен график функции распределения $f(v)$ молекул идеального газа по скоростям. Какие скорости (v_1 , v_2 , v_3), характеризующие состояние газа, соответствуют средней квадратичной $\langle v_{\text{кв}} \rangle$, средней арифметической $\langle v \rangle$ и наиболее вероятной $v_{\text{в}}$ скоростям?

- 1) $v_1 = v_{\text{в}}$; $v_2 = \langle v \rangle$; $v_3 = \langle v_{\text{кв}} \rangle$;
2) $v_1 = \langle v \rangle$; $v_2 = v_{\text{в}}$; $v_3 = \langle v_{\text{кв}} \rangle$;
3) $v_1 = v_{\text{в}}$; $v_2 = \langle v_{\text{кв}} \rangle$; $v_3 = \langle v \rangle$;
4) $v_1 = \langle v_{\text{кв}} \rangle$; $v_2 = v_{\text{в}}$; $v_3 = \langle v \rangle$.

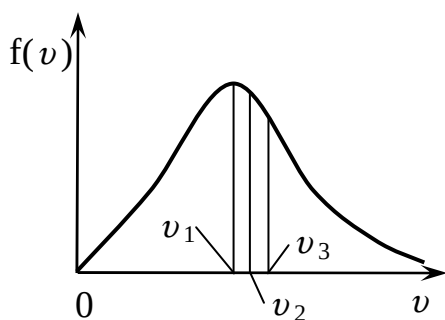


Рис. 239. К задаче 3.660

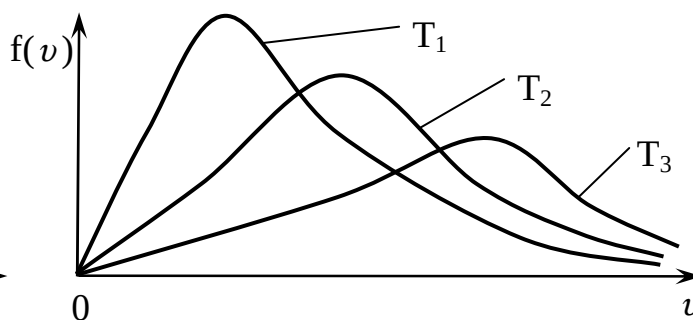


Рис. 240. К задаче 3.661

3.661. На рис. 240 приведены графики функции распределения $f(v)$ молекул идеального газа по скоростям при трех температурах. Какое из нижеприведенных утверждений соотношений между температурами верно?

- 1) $T_1 > T_2 > T_3$; 2) $T_1 > T_2 < T_3$; 3) $T_1 < T_2 < T_3$; 4) $T_3 > T_2 < T_1$.

3.662. Какое из нижеприведенных выражений называется распределением Больцмана (распределением молекул газа во внешнем потенциальном поле)?

- 1) $n = n_0 \exp(-\frac{mv^2}{2kT})$; 2) $n = n_0 \exp(-\frac{W}{kT})$;
3) $n = p_0 \exp(-\frac{mgh}{kT})$; 4) $n = n_0 / (W / kT)$.

3.663. Какая из приведенных на рис. 241 четырех кривых (1, 2, 3, 4) описывает адиабатический процесс в координатах p - V ?

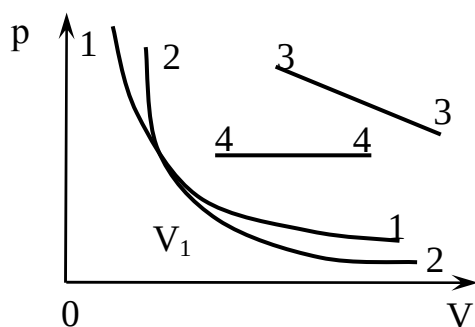


Рис. 241. К задаче 3.663

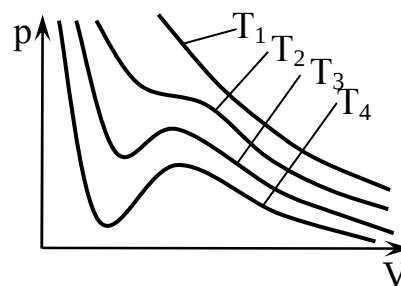


Рис. 242. К задаче 3.664

- 1) кривая 1; 2) кривая 2;
3) кривая 3; 4) кривая 4.

3.664. На рис. 242 приведены зависимости давления p от молярного объема V при заданных температурах T (изотермы Ван-дер-Ваальса). Какое из приведенных ниже соотношений между температурами верно?

- 1) $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$;
2) $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$;
3) $T_4 > T_3 > T_2 < T_1$;
4) $T_4 < T_3 < T_2 > T_1$.

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.665. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4 кг?
- 3.666. Какова масса 500 молей углекислого газа?
- 3.667. Какой объем занимают 100 молей ртути?
- 3.668. Сколько атомов содержится в углекислом газе массой 1 г?
- 3.669. На изделие, поверхность которого 20 см^2 , нанесен слой серебра толщиной 1 мкм. Сколько атомов серебра содержится в покрытии?
- 3.670. На изделие, имеющее форму круглой пластинки, диаметром 2 см нанесен слой меди толщиной 2 мкм. Найти число атомов меди, содержащихся в этом покрытии.
- 3.671. Какой объем займет водород, содержащий такое же количество вещества, которое содержится в азоте объемом 2 м^3 ? Какой объем займет кислород, содержащий такое же количество вещества? Температура и давление газов одинаковы.

- 3.672. Находясь в стакане, вода массой 200 г полностью испарилась за 20 суток. Сколько в среднем молекул воды вылетало с ее поверхности за 1 с?
- 3.673. Сравнить давление кислорода и водорода при одинаковых концентрациях молекул и равных средних квадратичных скоростях их движения.
- 3.674. Найти средние квадратичные скорости молекул азота и кислорода.
- 3.675. Найти среднюю кинетическую энергию молекулы одноатомного газа при давлении 20 кПа. Концентрация молекул этого газа при указанном давлении составляет $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.
- 3.676. Найти температуру газа при давлении 100 кПа и концентрации молекул 10^{25} м^{-3} .
- 3.677. Определить среднюю кинетическую энергию молекул одноатомного газа и концентрацию молекул при температуре 17°C и давлении 0,8 МПа.
- 3.678. Найти среднюю кинетическую энергию молекул кислорода, если 5 моль этого газа в баллоне объемом 8 л создают давление 0,5 МПа.
- 3.679. Определите массу водорода, находящегося в баллоне вместимостью 20 м^3 под давлением 830 Па при температуре 17°C .
- 3.680. Когда газ, объем которого оставался неизменным, нагрели на 30° , его давление увеличилось на 10%. Какова начальная температура газа?
- 3.681. В цилиндре дизельного двигателя автомобиля КАМАЗ-5320 температура воздуха в начале такта сжатия была 50°C . Найти температуру воздуха в начале такта, если его объем уменьшается в 17 раз, а давление возрастает в 50 раз.
- 3.682. При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза давление газа увеличилось на 25%. Во сколько раз при этом изменился объем?
- 3.683. Во сколько раз изменится давление воздуха в цилиндре (рис. 243), если поршень переместить на $1/3$: а) влево; б) вправо?

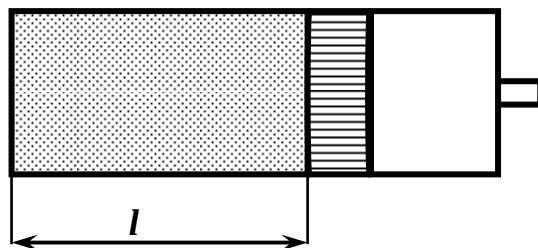


Рис. 243. К задаче 3.683

- 3.684. При сжатии газа его объем уменьшился с 8 до 5 л, а давление повысилось на 60 кПа. Найти первоначальное давление.
- 3.685. При увеличении давления в 1,5 раза объем газа уменьшился на 30 мл. Найти первоначальный объем.
- 3.686. Какой объем займет газ при 77°C , если при 27°C его объем был 6 л?
- 3.687. Какова была начальная температура воздуха, если при нагревании его на 3 К объем увеличился на 1% от первоначального?
- 3.688. Найти массу воды, поднявшейся по капиллярной трубке диаметром 0,5 мм.
- 3.689. Сравнить высоты поднятия воды и керосина в капиллярах равного радиуса.
- 3.690. Какова масса капли воды, вытекающей из пипетки, в момент отрыва, если диаметр отверстия пипетки равен 1,2 мм? Считать, что диаметр шейки капли равен диаметру отверстия пипетки.
- 3.691. Спирт поднялся в капиллярной трубке на 1,2 см. Найти радиус трубки.
- 3.692. Плотность насыщенного пара ртути при 20°C равна $0,02\text{ г/м}^3$. Найти давление пара при этой температуре.
- 3.693. Относительная влажность в комнате при температуре 16°C составляет 65%. Как изменится она при понижении температуры воздуха на 4 К, если парциальное давление водяного пара останется прежним?
- 3.694. Влажный термометр психрометра показывает 10°C , а сухой 14°C . Найти относительную влажность, парциальное давление и плотность пара.
- 3.695. Чему равна относительная влажность воздуха при температуре 20°C , если плотность паров воды в сосуде $8,65\text{ г/см}^3$, а плотность насыщенных паров воды при этой температуре $17,3\text{ г/см}^3$?
- 3.696. Балка длиной 5 м площадью поперечного сечения 100 см^2 под действием сил по 10 кН приложенных к ее концам, сжалась на 1 см. Найти относительное сжатие и механическое напряжение.
- 3.697. При растяжении алюминиевой проволоки длиной 2 м в ней возникло механическое напряжение 35 МПа. Найти относительное и абсолютное удлинения.
- 3.698. Найти напряжение, возникающее в стальном тросе при его относительном удлинении 0,001.
- 3.699. Во сколько раз абсолютное удлинение, такой же по длине и такого же поперечного сечения латунной проволоки больше, чем стальной, при действии на них одинаковых растягивающих сил?

3.700. К проволоке был подвешен груз. Затем проволоку согнули пополам и подвесили тот же груз. Сравнить абсолютное и относительное удлинения проволоки в обоих случаях.

Уровень В

3.701. Оцените радиус атома ртути. Плотность жидкой ртути $13,6 \text{ г/см}^3$, массовое число ртути 201.

3.702. Определить относительную молекулярную массу газа, если при температуре 154 К и давлении $2,8 \text{ МПа}$ он имеет плотность $6,1 \text{ кг/м}^3$.

3.703. В объеме 1 находится смесь гелия с водородом (рис. 244). Количество молекул водорода и атомов гелия одинаково. На короткое время открывают отверстие А, а затем закрывают. Оцените отношение количества молекул водорода и количество атомов гелия, которые перешли за это время из объема 1 в объем 2.

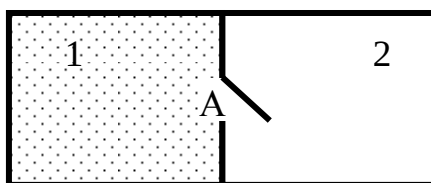


Рис. 244. К задаче 3.703

3.704. В баллоне находится газ при температуре 15°C . Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40% его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на 8°C ?

3.705. В колбе емкостью 100 см^3 содержится некоторый газ при температуре 27°C . На сколько понизится давление газа, если вследствие утечки из колбы выйдет $\Delta N = 10^{20}$ молекул?

3.706. На поверхности Венеры температура и атмосферное давление соответственно равны 750 К и 9120 кПа . Найти плотность атмосферы у поверхности планеты, считая, что она состоит из углекислого газа.

3.707. В баллоне находится 10 кг газа при давлении 10 МПа . Какую массу Δm газа взяли из баллона, если давление стало равным $2,5 \text{ МПа}$? Температуру газа считать постоянной.

3.708. В сосуде находится 10 г углекислого газа и 15 г азота. Найти плотность смеси при температуре 27°C и давлении 150 кПа .

3.709. Определить наименьшее возможное давление идеального газа в процессе, происходящем по закону $T = T_0 + \alpha V^2$, где T_0 и α – положительные постоянные, V – объем одного моля газа.

- 3.710. Барометр дает неверные показания вследствие присутствия небольшого количества воздуха над столбиком ртути. При давлении $p_{01} = 755$ мм. рт. ст. барометр показывает $p_1 = 748$ мм. рт. ст., а при $p_{01} = 740$ мм. рт. ст. — $p_2 = 736$ мм. рт. ст. Найти длину l трубки барометра (рис. 245).

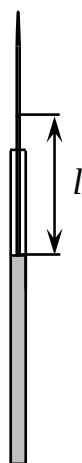


Рис. 245. К задаче 3.710

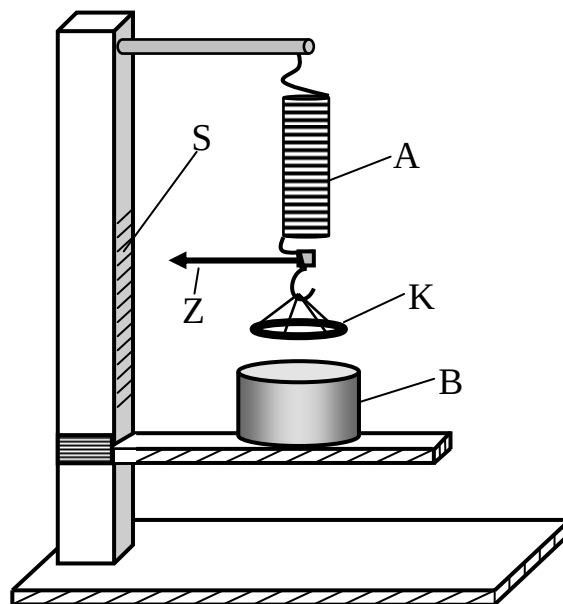


Рис. 246. К задаче 3.712

- 3.711. Ртутный барометр имеет диаметр трубки 3 мм. Какую поправку в показаниях барометра надо ввести, чтобы учитывать капиллярное опускание ртути?
- 3.712. Тонкое проволочное кольцо K диаметром 34 мм, повешенное к пружине A с указателем Z , погружают в сосуд B с водой (рис. 246). Отметив положение указателя на шкале S , медленно опускают сосуд. Пружина при этом растягивается. В момент отрыва кольца от жидкости вновь отмечают положение указателя на шкале. Какое значение коэффициента поверхностного натяжения воды получено, если пружина растянулась на 31 мм? Жесткость пружины 0,5 Н/м.
- 3.713. Смачиваемый водою кубик массой 20 г плавает на поверхности воды. Ребро кубика имеет длину $a = 3$ см. На каком расстоянии от поверхности воды будет находиться нижняя грань кубика?
- 3.714. Из скольких стальных проволок диаметром 2 мм должен состоять трос, рассчитанный на подъем груза массой 2 т?

3.3.2. Основы термодинамики

Качественные и графические задачи

- 3.715. Сравнить внутренние энергии аргона и гелия при одинаковой температуре. Массы газов одинаковы.
- 3.716. Как изменяется внутренняя энергия одноатомного газа при изобарном нагревании? При изохорном охлаждении? При изотермическом сжатии?
- 3.717. На рисунке 247 изображены графики изменения температуры двух тел в зависимости от подводимого количества теплоты. Какова начальная и конечная температура каждого тела? Каковы их удельные теплоемкости, если масса каждого из них равна 2 кг?

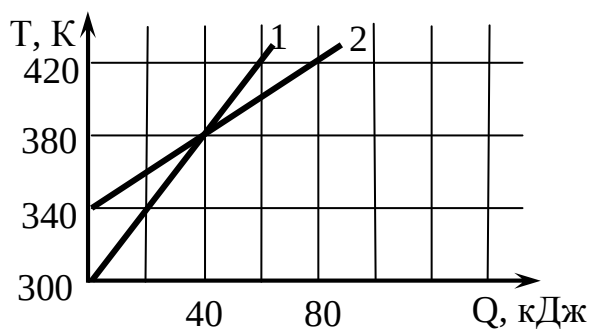


Рис. 247. К задаче 3.717

- 3.718. Если кусок алюминиевой проволоки расклепать на наковальне или быстро изгибать в одном и том же месте то в одну, то в другую сторону, то это место сильно нагревается. Объясните явление.
- 3.719. Почему обычно металл не дает трещин при резких колебаниях температуры, а камень при тех же условиях дает трещины?
- 3.720. Почему утки в сильный мороз охотно лезут в воду?
- 3.721. Почему глаза человека не ощущают холода?
- 3.722. Что будет более эффективно в качестве грелки — 2 кг песка при 100°C или 2 кг воды при той же температуре?
- 3.723. От каких факторов зависит количество тепла, отданное или полученное телом?
- 3.724. Что требует больше времени: нагревание воды на плитке от 10 до 20°C или от 90 до 100°C ?
- 3.725. Можно ли заменить одеяло листами газетной бумаги, проложенными между простынями? Дайте объяснение.

- 3.726. Что защищает от холода лучше: деревянная стена или слой снега той же толщины?
- 3.727. В какой посуде пища подгорает быстрее – в медной или в чугунной и почему?
- 3.728. Как образуется дождь, град и снег?
- 3.729. Во время жары происходит покраснение лица. Чем это вызвано?
- 3.730. Почему небольшую стеклянную палочку, накалившую с одного конца, можно держать за другой конец, не обжигая пальцев, а железный прут нельзя?
- 3.731. Почему алюминиевая кружка с чаем обжигает губы, а фарфоровая чашка с чаем нет?
- 3.732. При какой температуре и металл, и дерево будут казаться на ощупь одинаково нагретыми?
- 3.733. В каком чайнике вода скорее нагреется: в новом или старом, на стенках которого имеется накипь?
- 3.734. Зачем на цилиндрах мотоциклетных двигателей устроены тонкие и широкие ребра?
- 3.735. Какая почва прогревается солнцем быстрее: влажная или сухая?
- 3.736. Почему ранней весной образуются воронки в снегу вокруг стволов деревьев?
- 3.737. Каково назначение толстого слоя подкожного жира у китов, тюленей и других животных, обитающих в водах полярных морей?
- 3.738. Какое белье лучше греет зимой: полотняное или трикотажное, хлопчатобумажное или шерстяное?
- 3.739. Человек не чувствует прохлады на воздухе при температуре 20°C, а в воде зябнет при температуре 25°C. Почему?
- 3.740. Почему в строительной технике широко применяется пористый материал?
- 3.741. Почему оконные стекла начинают замерзать снизу раньше и в большей мере, чем сверху?
- 3.742. Почему труба, по которой вода возвращается в котел водяного отопления, подводится к нему снизу, а не сверху?
- 3.743. Почему в темных шероховатых сосудах жидкость охлаждается быстрее, чем в светлых полированных?
- 3.744. Экономично ли делать радиаторы парового отопления хорошо полированными или лучше их покрывать черной краской?
- 3.745. На что идет больше теплоты: на нагревание чугуна или воды, налитой в него, если их массы одинаковы?
- 3.746. Чем объясняется сильный нагрев покрышек колес автомобиля во

время длительной езды?

- 3.747. Когда автомобиль больше расходует горючего: при езде без остановки или с остановками?
- 3.748. Если к точильному камню прижать кусок стали, то сыплются искры. Каково их происхождение?
- 3.749. В алюминиевом чайнике нагревалась вода. Построен график зависимости количества теплоты, полученного телом, от времени. Укажите, какой из графиков (рис. 248) построен для воды и какой – для чайника.

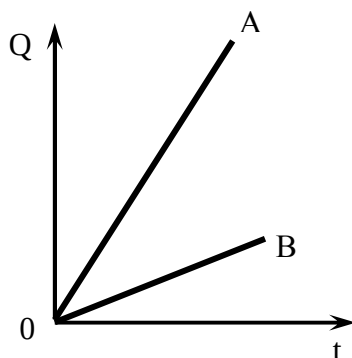


Рис. 248. К задаче 3.749

- 3.750. Почему железные печи скорее нагревают комнату, чем кирпичные, но не так долго остаются теплыми?
- 3.751. Можно ли сравнивать теплопроводность различных металлов следующим способом: нагреть до одинаковой температуры металлические шарики одинаковых размеров и наблюдать быстроту их остывания? Верно ли, что металлы с лучшей теплопроводностью должны остывать быстрее?
- 3.752. Расплавится ли небольшой кусочек олова, если его бросить в тигель с расплавленным свинцом?
- 3.753. В сосуде был лед при -10°C . Сосуд поставили на горелку, которая дает в равные промежутки времени одинаковые количества теплоты. Укажите, какой из графиков (рис. 249) изменения температуры со временем построен для этого случая верно и в чем ошибочны остальные графики.
- 3.754. Два тигля с одинаковым количеством расплавленного свинца остывают в разных помещениях – в теплом и холодном. Какой из графиков (рис. 250) построен для теплого помещения и какой – для холодного? Найдите различия в графиках и объясните причины этих различий.
- 3.755. Один из героев книги Г. Мало «Без семьи» поучал другого: «Если

снег перестанет, может наступить сильный мороз». Верно ли это? Дайте объяснение.

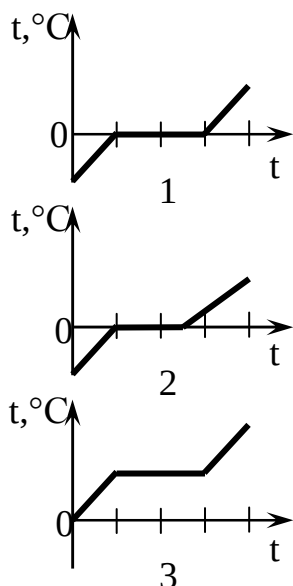


Рис. 249. К задаче 3.753

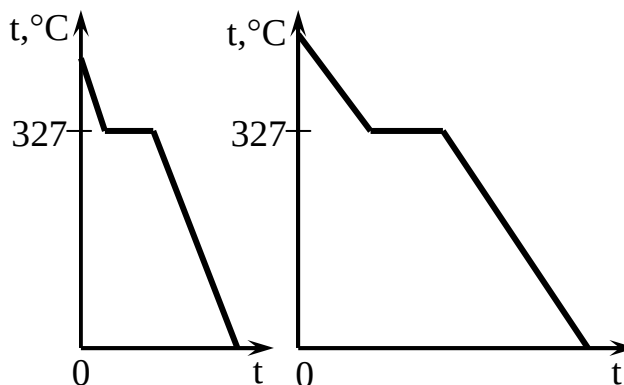


Рис. 250. К задаче 3.754

- 3.756. Чем объяснить, что в начале осени в реках и озерах вода не замерзает, хотя температура воздуха на несколько градусов ниже нуля?
- 3.757. Ускорится ли таяние льда в теплой комнате, если накрыть его шубой?
- 3.758. Если закупоренную бутылку с водой выставить на мороз, то вода, замерзая, разрывает бутылку. Опасно ли в этом смысле ставить закупоренную бутылку с водой в тающий лед при 0°C ?
- 3.759. Замерзая в закрытом сосуде (например, в закупоренной бутылке), вода разрывает его. Что произойдет с чайным стаканом, если в нем заморозить воду?
- 3.760. Почему при отвердевании парафина получается вогнутая поверхность?
- 3.761. Почему в закрытой кастрюле вода нагревается быстрее, чем в открытой?
- 3.762. Почему в водотрубном котле систему труб, по которым циркулирует вода, располагают наклонно к горизонту?
- 3.763. Оцените, какое количество теплоты будет передано работающим холодильником окружающей среде, если он заморозил $m = 1$ кг воды, у которой начальная температура была $t = 20^{\circ}\text{C}$. Мощность холодильника $P = 100$ Вт.

- 3.764. Сколько оборотов в 1 с делает вал одноцилиндрового четырехтактного двигателя внутреннего сгорания, если за это время происходит 25 вспышек горючей смеси?
- 3.765. Почему выпуск отработанных газов (если у автомобиля нет глушителя) происходит с шумом? В чем смысл работы глушителя?
- 3.766. Эфирный тепловой двигатель (рис. 251) устроен так: три стеклянные трубки A с шариками B на концах, в которых находится серный эфир, закрепляются на вращающемся барабане C . Ниже оси барабана C устанавливается бак D с теплой (выше 35°C) водой.
- а) Объясните принцип работы двигателя.
- б) В какую сторону вращается барабан?
- в) Будет ли работать двигатель, если все шесть его шариков погружены в воду?

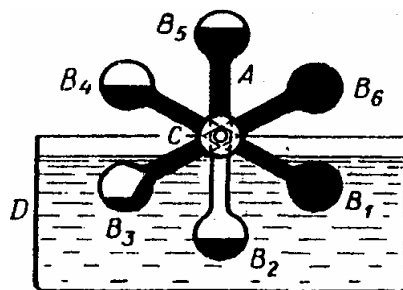


Рис. 251. К задаче 3.766

- 3.767. Во сколько раз энергия, выделившаяся при сгорании бензина в двигателе маршрутного такси за рабочую неделю больше энергии необходимой для работы компьютера мощностью 500 Вт в течение 1000 часов. Расход бензина маршрутного такси (в литрах) за рабочую неделю представлен на рис. 252.

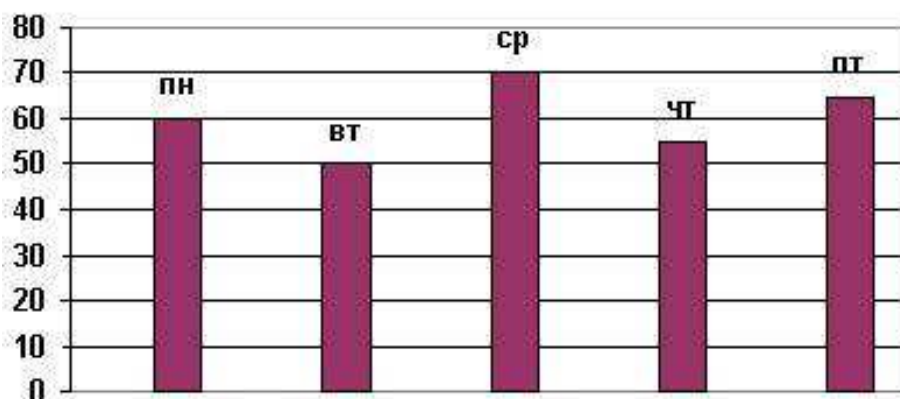


Рис. 252. Диаграмма расхода бензина маршрутного такси (в литрах) за рабочую неделю

Тестовые задания

3.768. Как изменился объем одноатомного газа (рис. 253) в процессе 1 – 2, изображенного на pT – диаграмме?

- 1) уменьшился в 4 раза;
- 2) уменьшился в 3 раза;
- 3) увеличился в 4 раза;
- 4) увеличился в 3 раза.

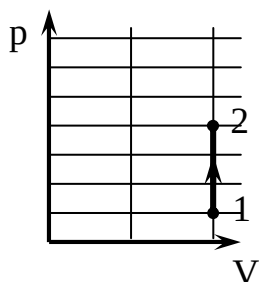


Рис. 253. К Задаче 3.768

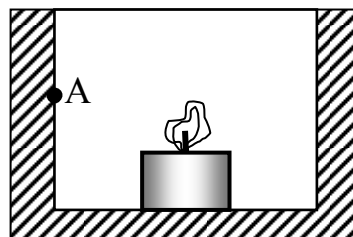


Рис. 254. К задаче 3.769

3.769. Свеча горит в металлическом фонаре с открытым верхом (рис. 254). Через некоторое время стенка фонаря в точке А нагревается (температура металла в этой точке повышается). Это можно объяснить передачей энергии от пламени свечи к точке А

- 1) в основном путем теплопроводности;
- 2) в основном путем конвекции;
- 3) в основном путем лучистого теплообмена;
- 4) путем теплопроводности, конвекции и лучистого теплообмена примерно в равной мере.

3.770. Какое количество теплоты потребуется для нагревания куска серебра массой 500 г от температуры -10°C до температуры $+10^{\circ}\text{C}$?

- 1) 2100 Дж; 2) 1050 Дж; 3) 525 Дж; 4) 2,1 МДж.

3.771. Чему равна теплоемкость 3 кг свинца?

- 1) 130 Дж; 2) 269 Дж; 3) 390 Дж 4) 420 Дж.

3.772. Удельная теплоемкость меди 380 Дж/(кг $^{\circ}\text{C}$). Это означает, что:

- 1) 1 кг меди при 0°C выделяет 380 Дж тепла;
- 2) При плавлении куска меди массой 1 кг потребляется количество теплоты 380 Дж;
- 3) Для нагревания 1 кг меди на 1°C необходимо количество теплоты 380 Дж;
- 4) Для нагревания 1 кг меди на 380°C затрачивается количество теплоты 1 Дж.

3.773. Какое количество теплоты выделится при конденсации 0,1 г водяного пара при температуре 100°C . Удельная теплота парообразования равна 2260 Дж/г

- 1) 2,26 Дж; 2) 22,6 Дж; 3) 226 Дж; 4) 2260 Дж.

3.774. На одинаковых спиртовках нагревают одинаковые массы воды, спирта, льда и меди. Какой из графиков (рис. 255) соответствует нагреванию воды?

- 1) 1;
2) 2;
3) 3;
4) 4.

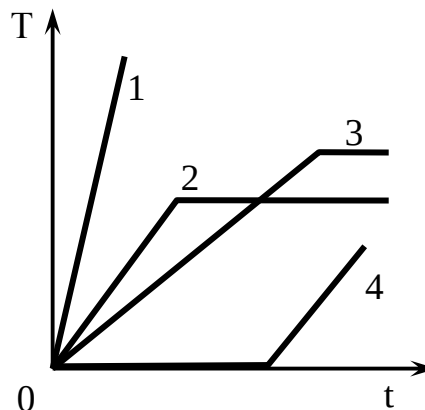


Рис. 255. К задаче 3.774

3.775. На рисунке 256 представлен график изменения температуры трех различных первоначально кристаллических тел одинаковой массы от количества теплоты Q , подведенного к телу. Удельная теплота плавления какого тела наибольшая?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) удельная теплота плавления всех тел одинакова.

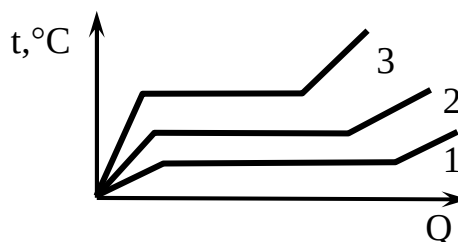


Рис. 256. К задаче 3.775

3.776. Металлическую пластину держат высоко над пламенем свечи (рис. 257). Через некоторое время температура пластины в точке А повышается. Это можно объяснить переносом энергии от пламени к поверхности пластины

- 1) в основном путем теплопроводности;
2) в основном путем конвекции;
3) в основном путем лучистого теплообмена;
4) путем теплопроводности, конвекции и лучистого теплообмена примерно в равной мере.

3.777. Металлический стержень нагревают, поместив один его конец в пламя свечи (рис. 258). Через некоторое время температура повышается. Это можно объяснить передачей энергии от места нагревания в точку А

- 1) в основном путем теплопроводности;
2) в основном путем конвекции;
3) в основном путем лучистого теплообмена;

4) путем теплопроводности, конвекции и лучистого теплообмена примерно в равной мере.



Рис. 257. К задаче 3.776

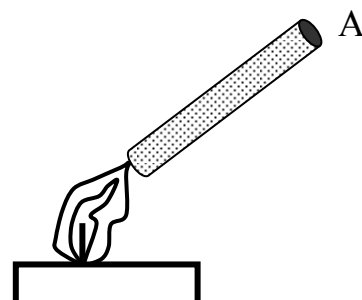


Рис. 258. К задаче 3.777

3.778. В процессе плавления кристаллического тела происходит

- 1) уменьшение кинетической энергии частиц;
- 2) разрушение кристаллической решетки;
- 3) изменение химического состава;
- 4) уменьшение размеров частиц.

3.779. Зависимость температуры охлаждения серебра от времени представлена на рисунке 259. При кристаллизации некоторого количества серебра выделяется 1200 Дж энергии. С какой средней скоростью серебро выделяло энергию при кристаллизации?

- 1) 600 Дж/мин; 2) 200 Дж/мин; 3) 150 Дж/мин; 4) 120 Дж/мин.

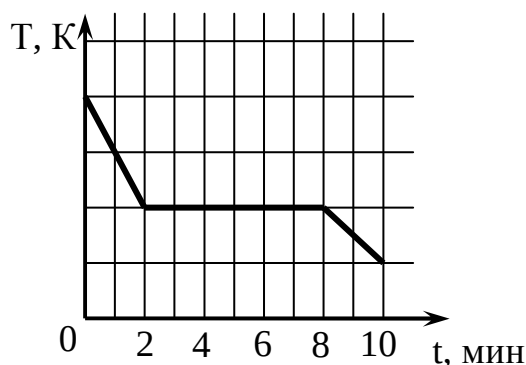


Рис. 259. К задаче 3.779

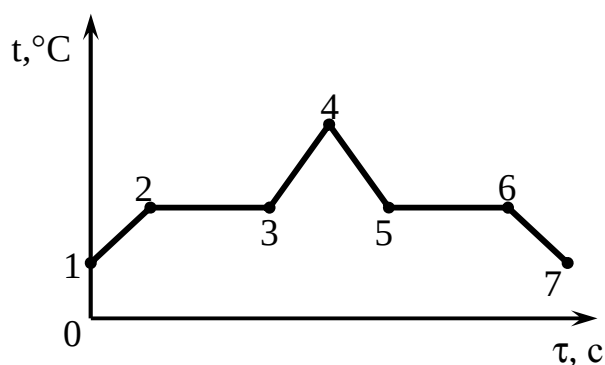


Рис. 260. К задаче 3.780

3.780. На рисунке 260 показан график зависимости температуры t от времени нагревания и охлаждения τ кристаллического вещества. Началу отвердевания вещества соответствует точка

- 1) 2; 2) 5; 3) 4; 4) 6.

3.781. Горячая жидкость охлаждалась в стакане. В таблице 19 приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

Таблица 19

Время, мин	0	2	4	6	8	10	12	14
Температура, °C	95	88	81	80	80	80	77	72

Что было в стакане через 12 мин от начала измерений?

- 1) смесь жидкой и твердой фаз;
- 2) только твердое вещество;
- 3) только жидкость;
- 4) по этим результатам нельзя дать однозначного ответа.

3.782. Внутренняя энергия газа в запаянном несжимаемом сосуде определяется главным образом

- 1) движением всего сосуда с газом;
- 2) хаотическим движением молекул газа;
- 3) взаимодействием сосуда с газом и Земли;
- 4) действием на сосуд с газом внешних сил.

3.783. На диаграмме VT (рис. 261) представлен процесс, проведенный над идеальным газом. Каково давление газа в состоянии 2, если в состоянии 1 оно равнялось 90 кПа?

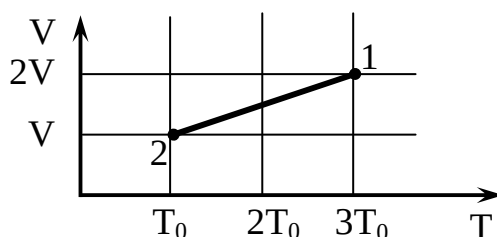


Рис. 261. К задаче 3.783

- 1) 90 кПа; 2) 135 кПа; 3) 180 кПа; 4) 270 кПа.

3.784. Одноатомный идеальный газ изохорно нагревается. Укажите неверное утверждение.

- 1) $A = 0$ 2) $\Delta U = Q$; 3) $A = -A$; 4) $Q < 0$.

3.785. Если идеальный тепловой двигатель, получив 200 Дж теплоты от нагревателя при температуре 167°C , совершил работу 50 Дж, то температура холодильника равна

- 1) 57°C ; 2) 110°C ; 3) 125°C ; 4) 150°C .

3.786. Газ совершает цикл Карно. Температура холодильника равна 47°C . КПД цикла равен 20%. Определите температуру нагревателя.

- 1) 265 К; 2) 332 К; 3) 400 К; 4) 600 К.

3.787. Утверждение: «невозможно создать вечный двигатель первого рода», т.е. такой периодически действующий двигатель, который

совершал бы работу в большем количестве, чем получаемая им извне энергия – является следствием...

- 1) определения КПД теплового двигателя;
- 2) первого начала термодинамики;
- 3) того, что воздух при нормальных условиях лишь с большой степенью приближения можно считать идеальным газом;
- 4) зависимости теплоемкости воздуха от температуры.

3.788. Утверждение «Невозможно создать вечный двигатель второго рода», т.е. тепловой двигатель с $\text{КПД} = 1$ – является следствием...

- 1) первого начала термодинамики;
- 2) второго начала термодинамики;
- 3) молекулярно-кинетической теории газов;
- 4) ограниченности представлений в XIX веке о направлении протекания тепловых процессов.

3.789. На рисунке 262 изображены тела, которые имеют различную температуру ($T_1 > T_2$) и находятся в тесном контакте. Учитывая принцип необратимости тепловых процессов, выберите рисунки, на которых правильно указано направление теплообмена.

- 1) А и Б; 2) В и Г; 3) А и Г; 4) Б и В.

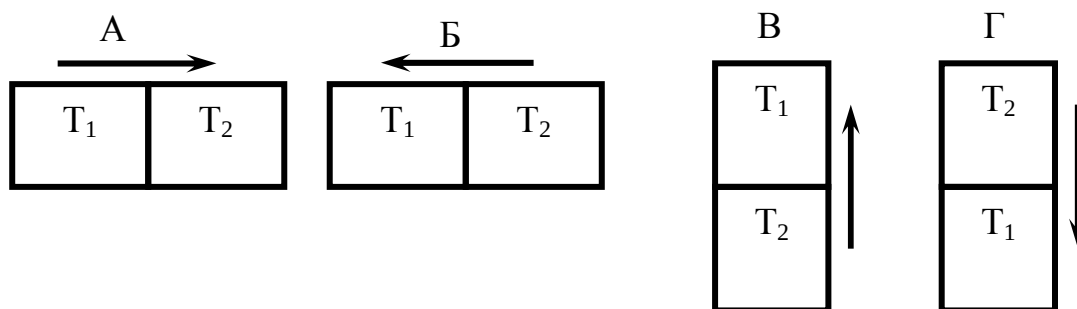


Рис. 262. К задаче 3.789

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.790. Расширяясь, водород совершил работу 6 кДж. Определить количество теплоты, переданное газу, если процесс протекал: 1) изобарически, 2) изотермически.
- 3.791. На сколько изменится внутренняя энергия одного моля одноатомного газа при его нагревании на 100 К?
- 3.792. В цилиндре компрессора адиабатно сжимают 4 моля идеального одноатомного газа. Определите на сколько поднялась температура газа за один ход поршня, если работа внешних сил 500 Дж.

- 3.793. Найти отношение удельных теплоемкостей c_p / c_v для кислорода.
- 3.794. Удельная теплоемкость некоторого двухатомного газа $c_p = 14,7$ кДж/(кг·К). Найти молярную массу этого газа.
- 3.795. Какова внутренняя энергия 10 моль одноатомного газа при 27°C?
- 3.796. На сколько изменяется внутренняя энергия гелия массой 200 г при увеличении температуры на 20°C?
- 3.797. Какова внутренняя энергия гелия, заполняющего аэростат объемом 60 м³ при давлении 100 кПа?
- 3.798. При уменьшении объема одноатомного газа в 3,6 раза его давление увеличилось на 20%. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия?
- 3.799. Во сколько раз количество теплоты, которое идет на нагревание газа при постоянном давлении, больше работы, совершаемой газом при расширении? Удельная теплоемкость газа при постоянном давлении c_p , молярная масса M .
- 3.800. В идеальной тепловой машине за счет каждого килоджоуля энергии, получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж. Определить КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К.
- 3.801. Тепловая машина имеет КПД 40%. Каким станет КПД машины, если количество теплоты, потребляемое за цикл, увеличить на 20%, а количество теплоты, отдаваемое холодильнику, уменьшить на 10%?
- 3.802. Тепловая машина работает по циклу Карно и имеет КПД 60%. Во сколько раз количество теплоты, полученное при изотермическом расширении рабочего тела, больше количества теплоты, отданного при изотермическом сжатии?

Уровень В

- 3.803. Сколько дров надо сжечь в печке с КПД 40%, чтобы получить из 200 кг снега, взятого при температуре – 10°C, воду при 20°C.
- 3.804. Сколько стали, взятой при 20°C, можно расплавить в печи с КПД 50%, сжигая 2 т каменного угля?
- 3.805. Кислород массой 0,5 кг при температуре 320 К охладили изохорно, вследствие чего его давление уменьшилось в 3 раза. Затем газ изобарно расширили так, что его температура стала равной первоначальной. Найти работу газа. Как изменилась его внутренняя энергия? Какое количество теплоты получил газ?

- 3.806. В процессе изотермического расширения при 300 К одному молю газа сообщили 2,5 кДж теплоты. Во сколько раз изменился объём газа?
- 3.807. Кислород массой 10 г, находящийся при температуре 370 К, подвергли адиабатному расширению, в результате которого его давление уменьшилось в 4 раза. В результате последующего изотермического процесса газ сжимается до первоначального давления. Определите: 1) температура газа в конце процесса; 2) количество теплоты отданное газом; 3) приращение внутренней энергии газа; 4) работу, совершённую газом.
- 3.808. В кабине вертолета барометр показывает давление 86 кПа. На какой высоте летит вертолет, если у поверхности Земли давление 0,10 Мпа. Считать, что температура воздуха постоянна и равна 280 К. $M = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
- 3.809. Молекулярный кислород (O_2) массой 6 г расширяется вдвое при постоянном давлении. Начальная температура газа 303 К. Определите работу расширения газа, изменение его внутренней энергии и количество сообщённой газу теплоты.
- 3.810. Часы с металлическим маятником спешат на $\tau_1 = 5$ с в сутки при температуре $t_1 = +15^\circ\text{C}$ отстают на $\tau_2 = 10$ с в сутки при температуре $t_1 = +30^\circ\text{C}$. Найти коэффициент α теплового расширения металла, учитывая, что период колебаний маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ (l – длина маятника, g – ускорение свободного падения).
- 3.811. Определите удельные теплоемкости c_v и c_p , если известно, что некоторый газ при нормальных условиях имеет удельный объём $0,7 \text{ м}^3/\text{кг}$. Что это за газ?
- 3.812. На сколько температура воды у основания водопада высотой 1200 м больше, чем у его вершины? На нагревание воды затрачивается 70% выделяемой энергии.
- 3.813. Какую мощность развивает двигатель мопеда, если при скорости 25 км/ч расход бензина составляет 1,7 л на 100 км пути? КПД двигателя 20%.
- 3.814. При нагревании двухатомного идеального газа его термодинамическая температура увеличилась в 2 раза. Определите изменение энтропии, если нагревание происходит: 1) изохорно; 2) изобарно.

3.4. Электричество и магнетизм

3.4.1. Основы электростатики

Качественные и графические задачи

- 3.815. Может ли одно и то же тело, например, эбонитовая палочка, при трении электризоваться то отрицательно, то положительно?
- 3.816. Как при помощи отрицательно заряженной палочки узнать неизвестный знак заряда электроскопа?
- 3.817. Правильно ли утверждение, что два заряда, равные по величине, но противоположные по знаку, уничтожаются, если их поместить на один и тот же проводник?
- 3.818. Металлическому шарiku сообщают положительный заряд. Как изменяется при этом его масса?
- 3.819. Иногда говорят, что линия напряжённости электростатического поля это линия, по которой будет двигаться электрический заряд в электростатическом поле. Правильно ли это?
- 3.820. Два точечных заряда q_1 и q_2 , находящиеся в вакууме, взаимодействуют с силой F_1 . Во сколько раз изменится эта сила, если заряды поместить в среду с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4$, не изменяя расстояние между ними?

- 3.821. Заряд $q/2$ помещают сначала в точку С, а затем в точку D (рис. 263). $DA = AC = CB$. Сравнить (по модулю) силы, действующие на этот заряд в этих точках.

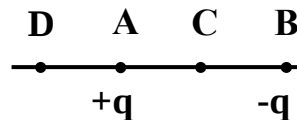


Рис. 263. К задаче 3.821

- 3.822. На гладкой горизонтальной поверхности укреплен маленький положительно заряженный шарик. На некотором расстоянии от него находится другой незакрепленный положительно заряженный шарик (центры шариков расположены на одной горизонтали). Какой из нижеприведенных графиков (рис. 264) будет соответствовать зависимости ускорения от расстояния движения незакрепленного шарика?

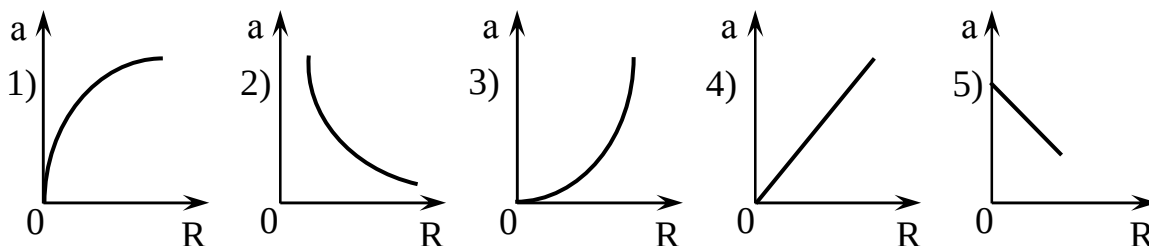


Рис. 264. К задаче 3.822

- 3.823. Построить график зависимости силы взаимодействия между двумя точечными зарядами от расстояния r между ними в интервале $2 \leq r < 10$ см через каждые 2 см. Заряды $q_1 = 20$ нКл и $q_2 = 30$ нКл.
- 3.824. Точечный заряд 10 мкКл находится в точке (0; 0) прямоугольной системы координат XOY, где X, Y заданы в метрах (рис. 265). Определить проекцию на OX кулоновской силы, действующей со стороны этого заряда на точечный заряд 10 мкКл, помещенный в точку (1; 0).
- 3.825. На рисунке 266 показан график распределения напряженности поля созданного заряженной пластиной от расстояния до нее. Определить разность потенциалов между точками, координаты которых 2 см и 4 см.
- 3.826. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 267) наиболее точно отражает зависимость кулоновской силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов от диэлектрической проницаемости среды?

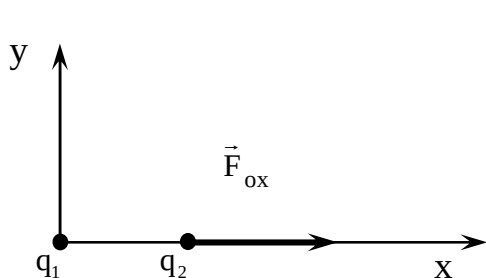


Рис. 265. К задаче 3.824

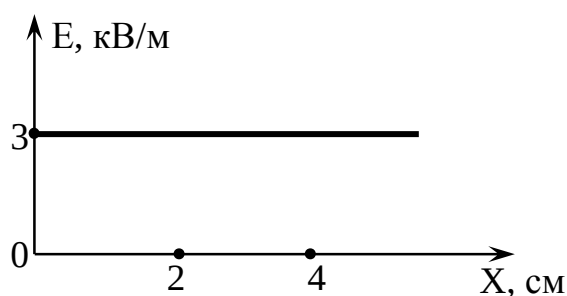


Рис. 266. К задаче 3.825

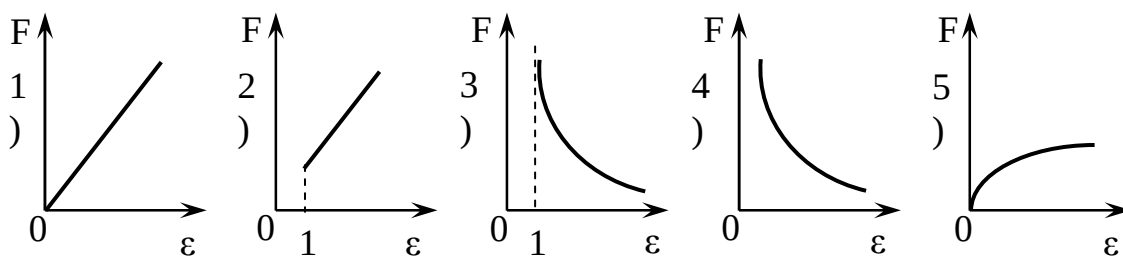


Рис. 267. К задаче 3.826

- 3.827. Какой из нижеприведенных рисунков (рис. 268) соответствует картине распределения силовых линий для положительного заряда и заземленной металлической плоскости?

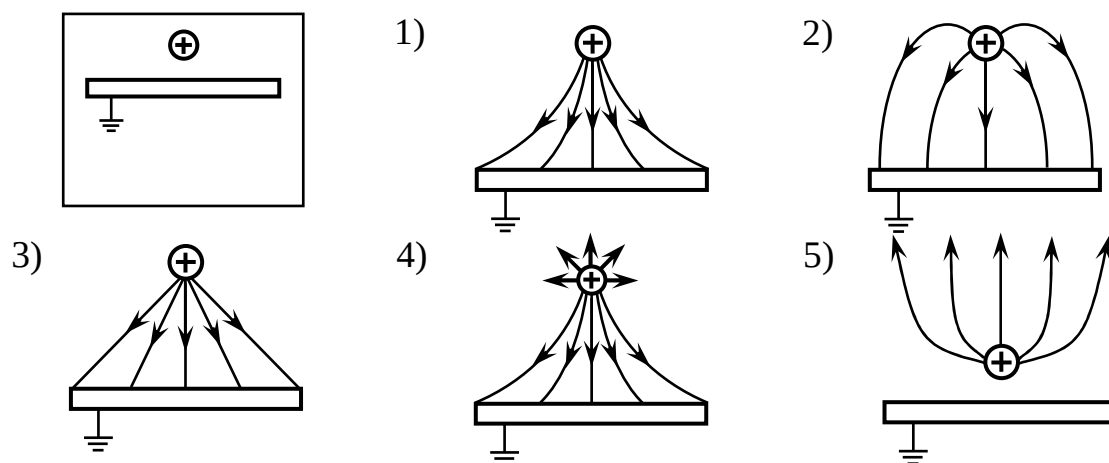


Рис. 268. К задаче 3.827

3.828. Положительный заряд поместили в центр толстостенной незаряженной металлической сферы. Какой из нижеприведенных рисунков (рис. 269) соответствует картине распределения силовых линий электростатического поля?

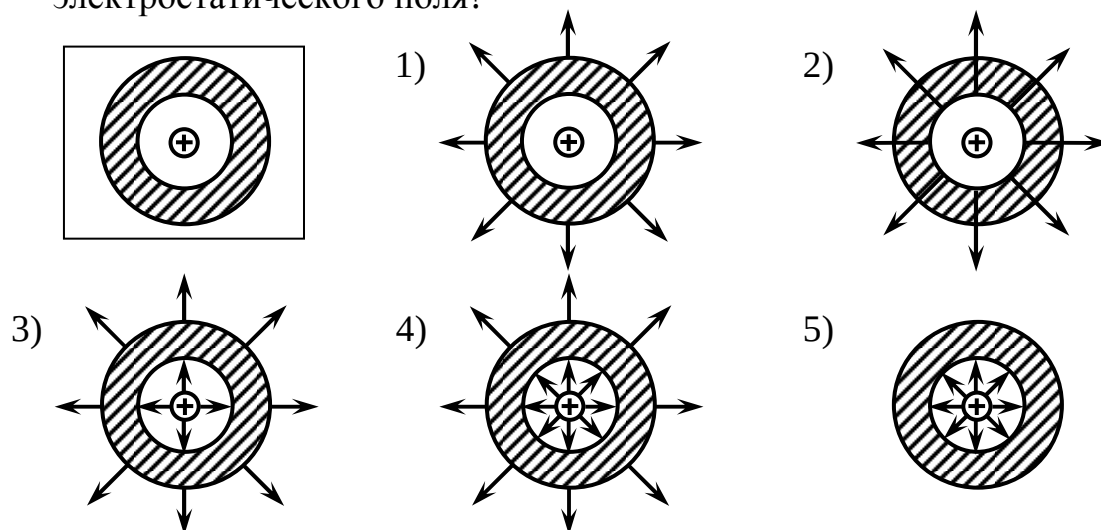


Рис. 269. К задаче 3.828

3.829. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 270) наиболее точно отражает зависимость потенциальной энергии взаимодействия положительного заряда с однородным электростатическим полем от силы, действующей на этот заряд со стороны поля?

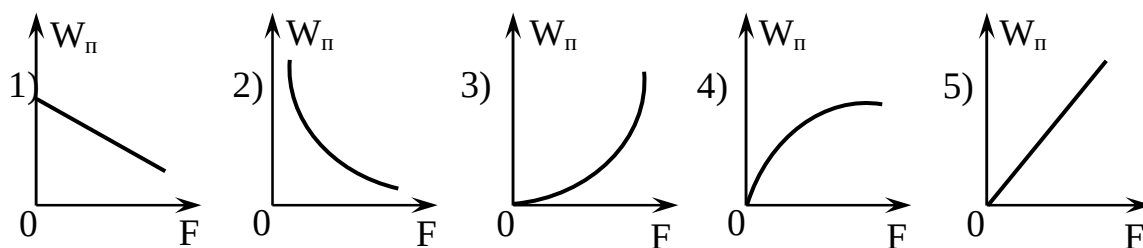


Рис. 270. К задаче 3.829

3.830. Электрон влетает в однородное электростатическое поле по направлению силовых линий. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 271) соответствует зависимости пройденного пути от времени?

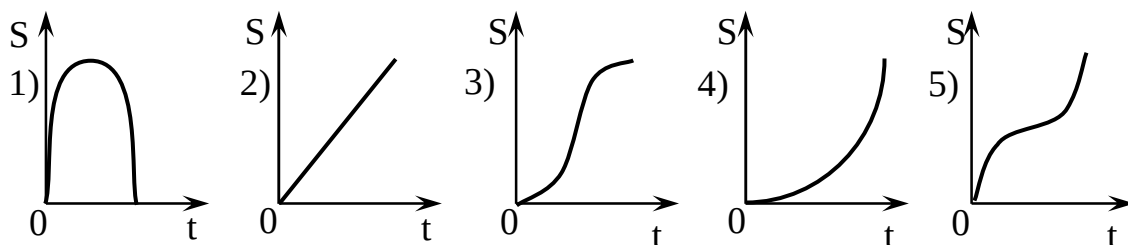


Рис. 271. К задаче 3.830

3.831. Заряженная частица находится в электростатическом поле, проекция напряженности которого меняется так, как показано на рисунке 272. Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость координат этой частицы от времени? Начальную скорость считать равной нулю, силой тяжести пренебречь.

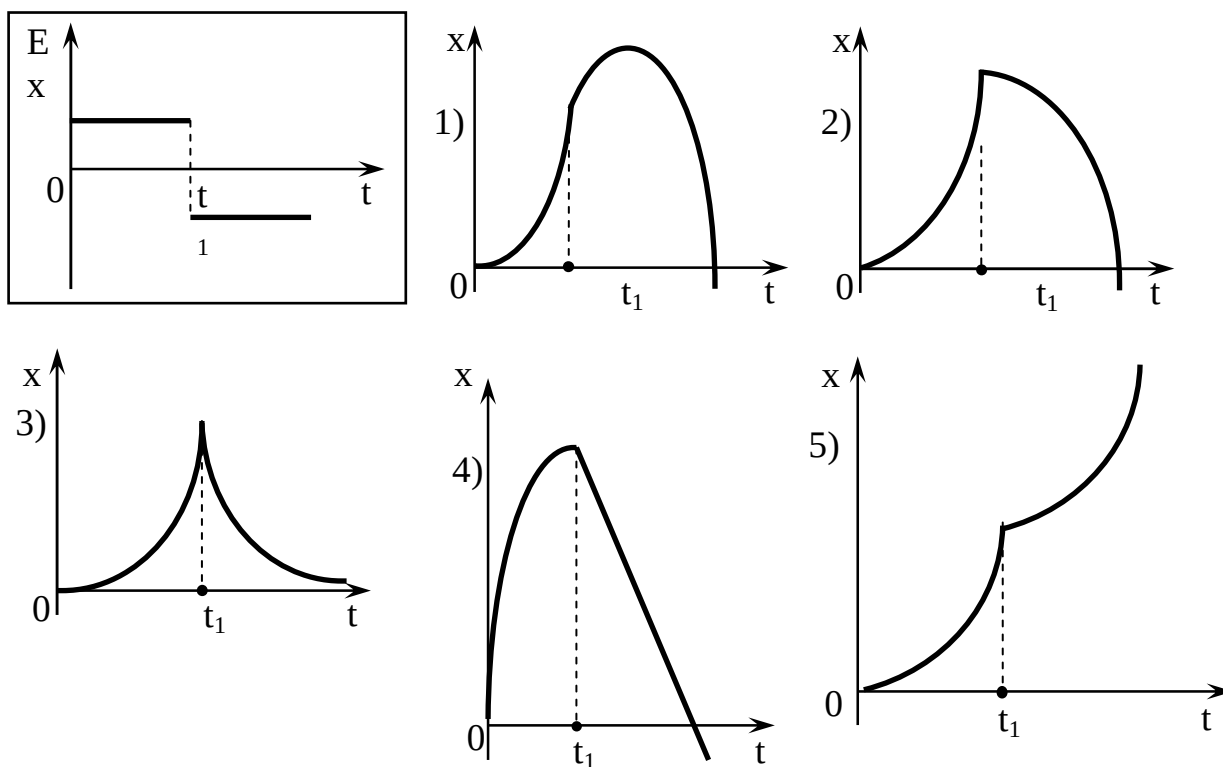


Рис. 272. К задаче 3.831

3.832. Заряженная частица влетает в однородное электростатическое поле. Пренебрегая начальной скоростью, определить какой из нижеприведенных графиков (рис. 273) наиболее точно отражает зави-

зависимость скорости частицы от разности потенциалов? (Силой тяжести пренебречь).

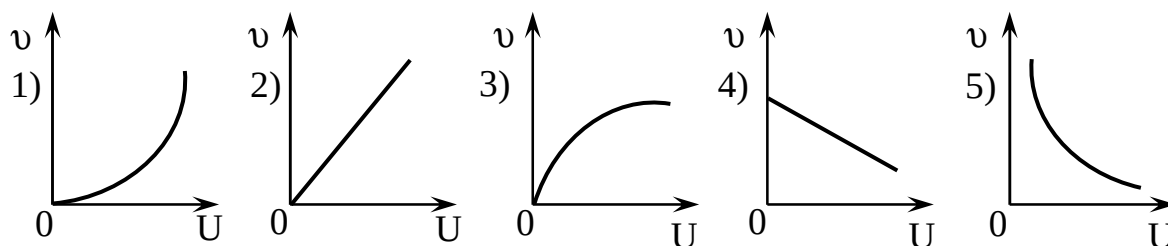


Рис. 273. К задаче 3.832

3.833. Отрицательно заряженная частица движется по направлению силовой линии в однородном электростатическом поле. Пренебрегая силой тяжести установить, какой из нижеприведенных графиков (рис. 274) наиболее точно отражает зависимость работы поля по перемещению этой частицы от пройденного пути до остановки.

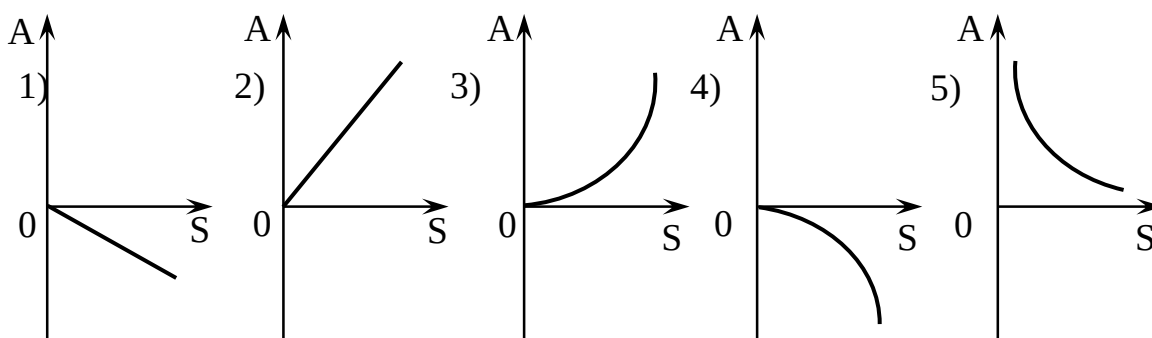


Рис. 274. К задаче 3.833

3.834. Сравнить значения работы поля при перемещении заряда из точки A в точки B, C, D (рис. 275). Ответ обосновать.

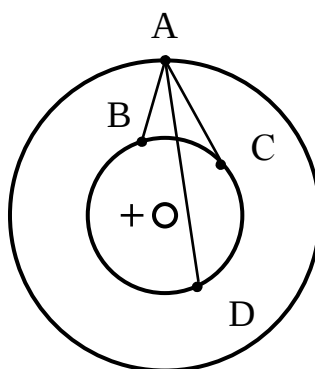


Рис. 275. К задаче 3.834

Тестовые задания

3.835. Какой из указанных ниже зарядов может иметь заряженное тело?
 1) $8 \cdot 10^{-19}$ Кл; 2) $3 \cdot 10^{-19}$ Кл; 3) $15 \cdot 10^{-19}$ Кл; 4) $22 \cdot 10^{-19}$ Кл.

3.836. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух маленьких заряженных частиц, если величину заряда одной из них уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними уменьшить в 4 раза?

- 1) Увеличится в 2 раза; 2) Увеличится в 4 раза;
 3) Увеличится в 8 раз; 4) Увеличится в 16 раз.

3.837. В таблице 20 зафиксированы значения силы притяжения заряженных тел при разных расстояниях между ними. Какой вывод о связи силы притяжения и расстояния можно сделать по этой таблице?

Таблица 20

г, см	1	4	8	12
F, Н	$1 \cdot 10^{-8}$	$6,25 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$6,9 \cdot 10^{-11}$

- 1) Сила уменьшается с расстоянием;
 2) Сила мала, и ей можно пренебречь;
 3) Зависимость не прослеживается;
 4) При $r > 12$ см сила притяжения равна нулю.

3.838. Два маленьких металлических шарика, имеющие положительные заряды q и $3q$, подвешены на нитях одинаковой длины (рис. 276), при этом угол расхождения нитей равен α . Как изменится угол расхождения, если шарики на время привести в соприкосновение?

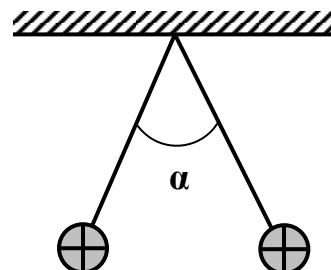


Рис. 276. К задаче 3.838

- 1) Угол станет равным нулю.
 2) Угол увеличится.
 3) Угол уменьшится.
 4) Угол останется прежним.

3.839. На рисунке 277 изображена система электрических зарядов расположенных в углах квадрата. Куда направлен вектор напряжённости электрического поля в центре квадрата?

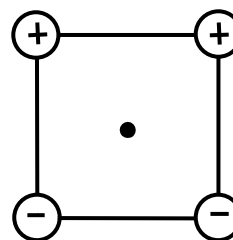


Рис. 277. К задаче 3.839

- 1) Вверх;
 2) Вниз;
 3) Направо;

4) В центре квадрата $E=0$.

3.840. На рисунке 278 изображена система электрических зарядов расположенных в углах квадрата. Выберите верное утверждение о значениях электрического потенциала в точках A, B, C и D:

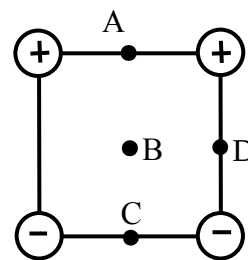


Рис. 278. К задаче 3.840

- 1) $\varphi_A > \varphi_B = \varphi_D > \varphi_C$;
- 2) $\varphi_A > 0$, $\varphi_C > 0$, $\varphi_B = \varphi_D = 0$;
- 3) $\varphi_B > \varphi_A = \varphi_D = \varphi_C$;
- 4) $\varphi_A = \varphi_C$, $\varphi_B > \varphi_D$.

3.841. Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного заряда. Если величину пробного заряда увеличить в n раз, модуль напряженности:

- 1) не изменится;
- 2) увеличится в n раз;
- 3) уменьшится в n раз;
- 4) увеличится в n^2 раз.

3.842. Металлическая сфера радиусом R имеет положительный заряд q . На каком из приведённых ниже графиков (рис. 279) правильно показана зависимость модуля напряжённости электрического поля, создаваемого сферой, от расстояния r до её центра?

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) 4.

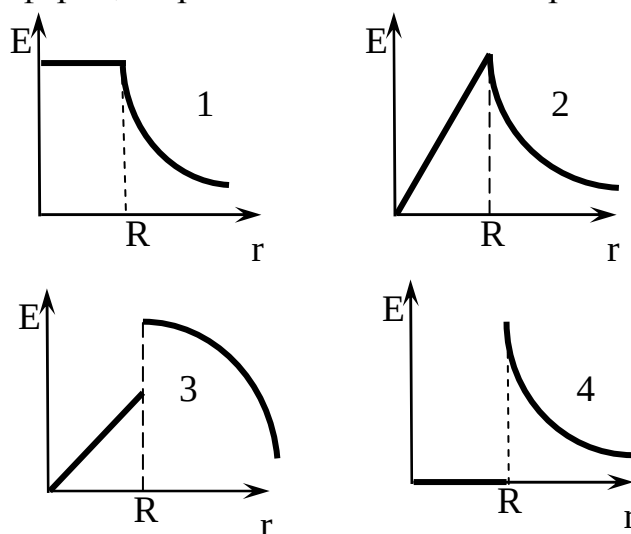


Рис. 279. К задаче 3.842

3.843. Какие из нижеприведенных графиков (рис. 280) наиболее точно отражают зависимость кулоновской силы F от величины одного из зарядов q и расстояния между ними R ?

- 1) I, III; 2) I, IV; 3) II, IV; 4) II, III.

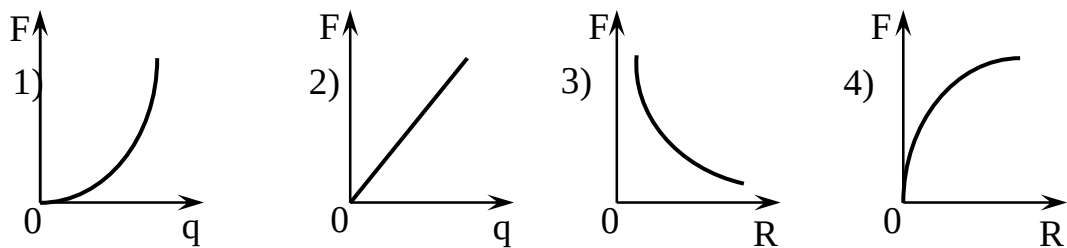


Рис. 280. К задаче 3.843

3.844. На рисунке 281 показана зависимость кулоновских сил взаимодействия двух точечных зарядов от расстояний между ними для трех различных диэлектрических сред. В каком соотношении из нижеприведенных находятся диэлектрические проницаемости этих сред?

- 1) $\epsilon_3 < \epsilon_2 < \epsilon_1$;
- 2) $\epsilon_3 > \epsilon_2 > \epsilon_1$;
- 3) $\epsilon_2 > \epsilon_3 > \epsilon_1$;
- 4) $\epsilon_2 < \epsilon_3 < \epsilon_1$.

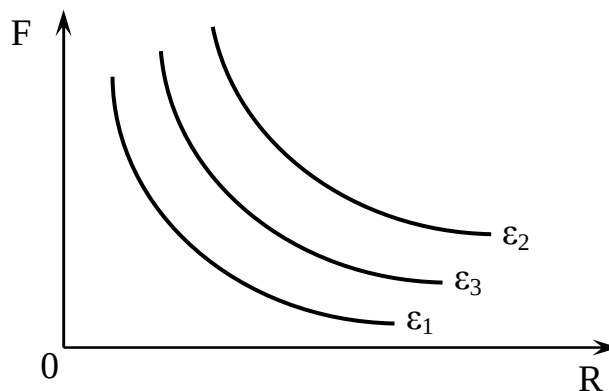


Рис. 281. К задаче 3.844

3.845. Три закрепленных заряда расположены так, как показано на рисунке 282. Как направлена равнодействующая сила действующая на заряд помещенный в точке А?

- 1) $\vec{F}$;
- 2) $\vec{F}$;
- 3) $\vec{F}$;
- 4) $\vec{F}$.

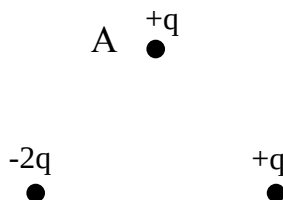


Рис. 282. К задаче 3.845

3.846. Определить заряд первого шарика, если второй шар находится в равновесии (рис. 283).

- 1) $q_1 = q$;
- 2) $q_1 = -2q$;
- 3) $q_1 = 2q$;
- 4) $q_1 = -q$.

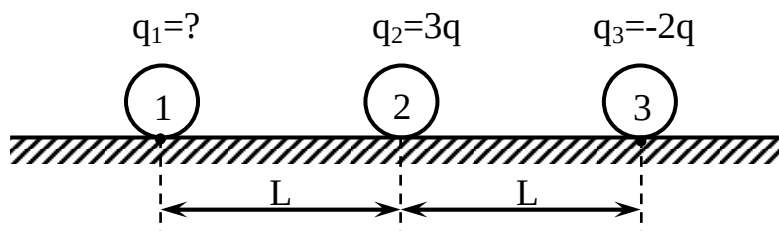


Рис. 283. К задаче 3.846

3.847. Заряженный шарик А массой 500 г находится в равновесии на гладкой наклонной плоскости, (угол наклона которой к горизонту 30°), если на расстоянии 30 см от него находится закрепленный шарик В обладающий таким же зарядом, что и шарик А (рис. 284). Чему равен суммарный заряд этих шариков?

- 1) 4 мкКл;
- 2) 0,5 мкКл;
- 3) 5 мкКл;
- 4) 10 мкКл.

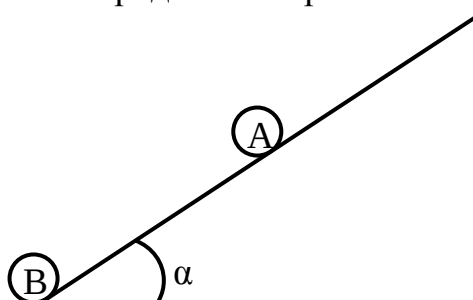


Рис. 284. К задаче 3.8467

3.848. Используя информацию, приведенную на рисунке 285, определить направление равнодействующей силы, действующей на заряд $+Q$, помещенный в центре равностороннего треугольника.

- 1) $F=0$;
- 2) $\uparrow \vec{F}$;
- 3) $\downarrow \vec{F}$;
- 4) $\rightarrow \vec{F}$.

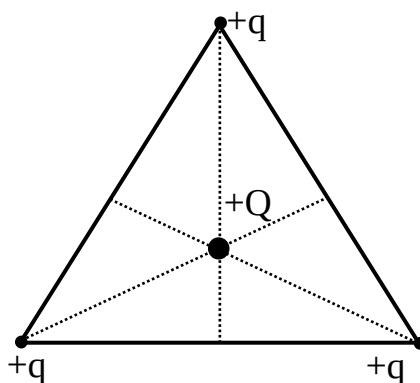


Рис. 285. К задаче 3.848

3.849. Выразить через основные единицы СИ электрическую постоянную.

- 1) Кл²·Н⁻¹·м⁻²;
- 2) А²·с⁴·кг⁻¹·м⁻³;
- 3) А²·кг⁻¹·м⁻³;
- 4) Кл²·кг⁻¹·м⁻³.

3.850. Заряженный шарик с зарядом $-25,6$ нКл соприкасается с такими же незаряженными шариками (рис. 286). Сколько было незаряженных шариков, если на исходном шарике осталось 10^{10} электронов?

- 1) 12; 2) 14; 3) 15; 4) 16.

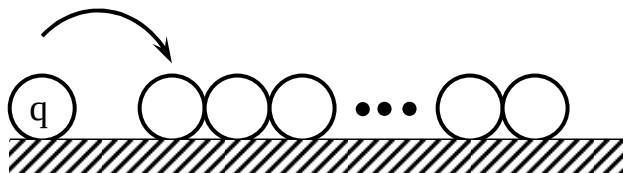


Рис. 286. К задаче 3.850

3.851. Сила электростатического взаимодействия между шарами $-q$ и Q находящихся на расстоянии R друг от друга, равна F . Чему равна и как направлена равнодействующая сила, действующая на заряд Q со стороны всех других (рис. 287)?

- 1) $3,5 F$; $\longrightarrow$
- 2) $3,5 F$; $\longleftarrow$
- 3) $5 F$; $\nearrow$
- 4) $F=0$.

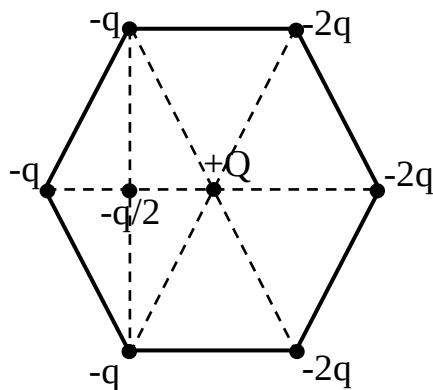


Рис. 287. К задаче 3.851

3.852. Выразить через основные единицы СИ единицу напряженности.

- 1) кг·м·с⁻²·А;
- 2) кг·м·с⁻³·А;
- 3) кг·м·с⁻³·А⁻¹;
- 4) Н/м.

3.853. В каком из нижеприведенных соотношений между собой находятся силы упругости в нитях, на которых висят заряженные шары

одинаковой массы (рис. 288), если под ними расположены на различных расстояниях закрепленные заряженные шарики. (Влиянием шаров друг на друга пренебречь.)

1) $T_1 = T_2 = T_3$;

2) $T_1 > T_2 > T_3$;

3) $T_1 < T_2 < T_3$;

4) $T_1 > T_3 > T_2$.

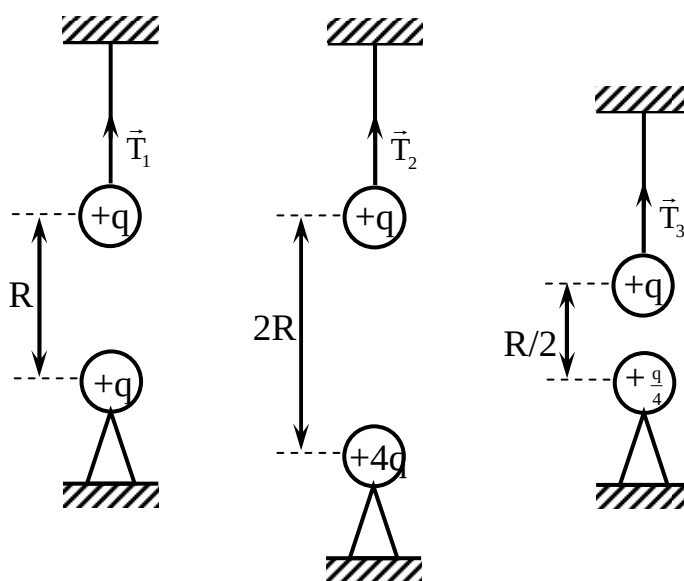


Рис. 288. К задаче 3.853

3.854. Неподвижный точечный заряд находится в диэлектрике. Какие из нижеприведенных графиков (рис. 289) наиболее точно отражают зависимость напряженности поля этого заряда от величины заряда, расстояния и диэлектрической проницаемости?

- 1) 1, 3, 5; 2) 3, 4; 3) 2, 4; 4) 1, 5.

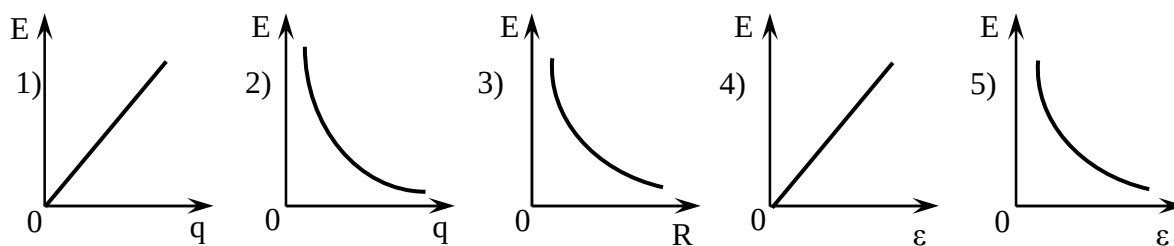


Рис. 289. К задаче 3.854

3.855. На рисунке 290 показан график зависимости силы от напряженности электростатического поля для трех точечных зарядов. В каком из нижеприведенных соотношений находятся абсолютные величины этих зарядов?

1) $q_1 < q_3 < q_2$; 2) $q_1 > q_2 > q_3$;

3) $q_1 < q_2 < q_3$; 4) $q_1 = q_2 = q_3$.

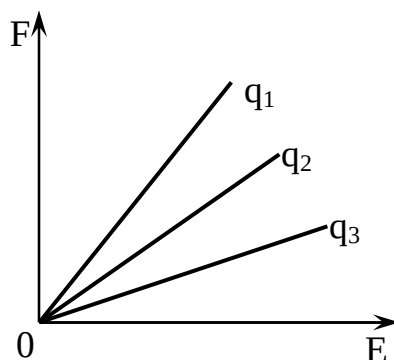


Рис. 290. К задаче 3.855

3.856. Шарик массой 0,3 г обладающей зарядом -6 мкКл находится в равновесии в электростатическом поле. Определить величину и направление поля.

1) $0,5 \text{ кВ/м}$; $\vec{E} \uparrow$

2) $0,5 \text{ кВ/м}$; $\vec{E} \downarrow$

3) 500 кВ/м ; $\vec{E} \uparrow$

4) 500 кВ/м ; $\vec{E} \uparrow$

3.857. По какой из нижеприведенных формул можно рассчитать результирующую напряженность в точке А (рис. 291)?

1) $k \frac{q_2}{R_2^2} - k \frac{q_1}{R_1^2}$;

2) $k \frac{q_2}{R_2^2} + k \frac{q_1}{R_1^2}$;

3) $\sqrt{\left(k \frac{q_2}{R_2^2}\right)^2 - \left(k \frac{q_1}{R_1^2}\right)^2}$;

4) $\sqrt{\left(k \frac{q_2}{R_2^2}\right)^2 + \left(k \frac{q_1}{R_1^2}\right)^2}$.

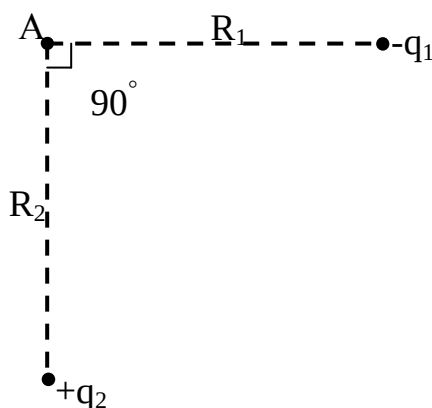


Рис. 291. К задаче 3.857

3.858. Шесть зарядов помещены в вершины правильного шестиугольника (рис. 292). Определить направление электрического поля в точке 0.

- 1) $\vec{E}$ ↖ ;
- 2) $\vec{E}$ ↘ ;
- 3) $\vec{E}$ ← ;
- 4) $\vec{E}$ ↗ .

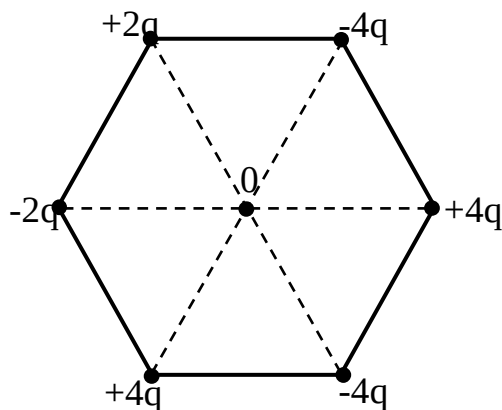


Рис. 292. К задаче 3.858

3.859. Какая из нижеприведенных величин соответствует выражению: maS / U , где m – масса; a – ускорение; S – путь; U – разность потенциалов.

- 1) импульсу;
- 2) напряженности;
- 3) энергии;
- 4) заряду.

3.860. В сосуд налиты три несмешивающиеся жидкости: керосин ($\rho_k = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$), глицерин ($\rho_{гл} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) и масло ($\rho_m = 0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$). На дно сосуда положена положительно заряженная пластина. Определить в каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой диэлектрические проницаемости этих жидкостей, если картина силовых линий в этих диэлектриках изображена на рисунке 293.

- 1) $\epsilon_{гл} > \epsilon_k = \epsilon_m$;
- 2) $\epsilon_{гл} > \epsilon_k > \epsilon_m$;
- 3) $\epsilon_{гл} > \epsilon_m > \epsilon_k$;
- 4) $\epsilon_{гл} < \epsilon_k < \epsilon_m$.

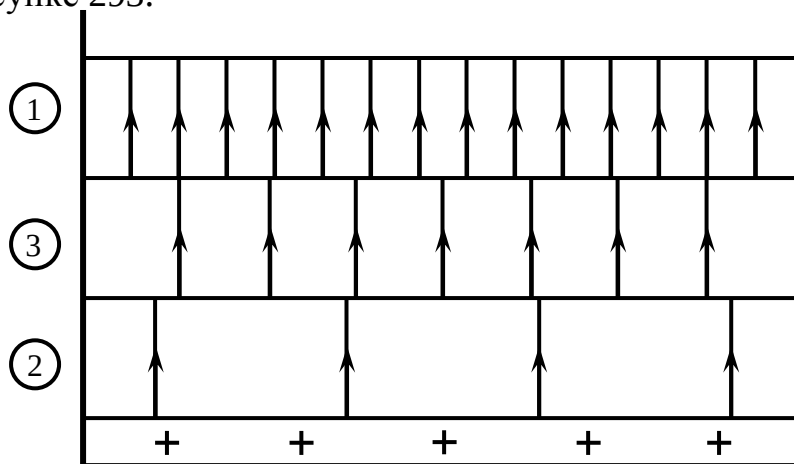


Рис. 293. К задаче 3.860

3.861. На рисунке 294 показан график зависимости перемещения от времени для трех заряженных шариков помещенных в однородное электростатическое поле. Пренебрегая силой тяжести установить, в каком из нижеприведенных соотношений находятся удельные заряды этих шариков.

- 1) $\left(\frac{q}{m}\right)_3 > \left(\frac{q}{m}\right)_2 > \left(\frac{q}{m}\right)_1$;
- 2) $\left(\frac{q}{m}\right)_3 < \left(\frac{q}{m}\right)_2 < \left(\frac{q}{m}\right)_1$;
- 3) $\left(\frac{q}{m}\right)_3 > \left(\frac{q}{m}\right)_1 > \left(\frac{q}{m}\right)_2$;
- 4) $\left(\frac{q}{m}\right)_3 < \left(\frac{q}{m}\right)_1 < \left(\frac{q}{m}\right)_2$.

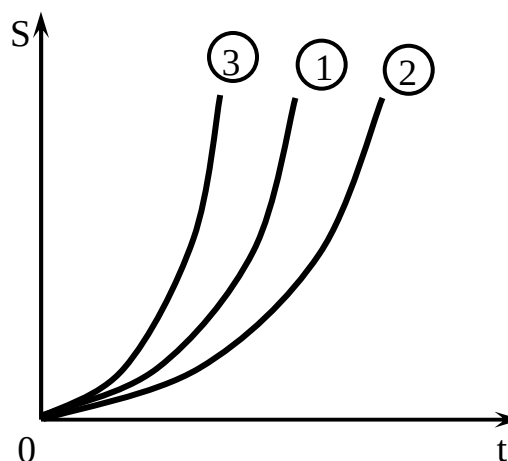


Рис. 294. К задаче 3.861

3.862. Два проводящих заряженных шара диаметры которых 1 см и 3 см находятся на некотором расстоянии друг от друга (рис. 295). Определить напряженность поля в точке 0, отстоящей от поверхности каждого шара на 3,5 см. Заряды шаров соответственно равны 16 мкКл и 25 мкКл.

- 1) 0;
- 2) $18 \cdot 10^7$ В/м;
- 3) $18 \cdot 10^3$ В/м;
- 4) $7,6 \cdot 10^7$ В/м.

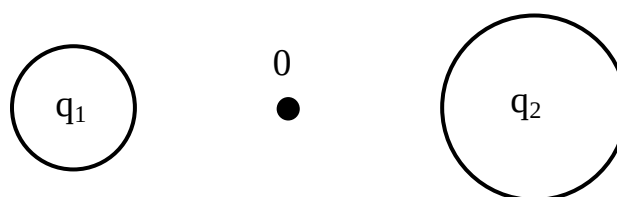


Рис. 295. К задаче 3.862

3.863. Три заряженных шарика одинаковых масс подвешены к нитям и помещены в однородное горизонтальное электростатическое поле. На рисунке 296 показан график зависимости тангенса угла отклонения от вертикали в зависимости от напряженности. В каком из нижеприведенных соотношений находятся заряды этих шаров?

- 1) $q_1 > q_2 > q_3$; 2) $q_1 < q_2 < q_3$;
- 3) $q_1 > q_3 > q_2$; 4) $q_1 = q_2 = q_3$.

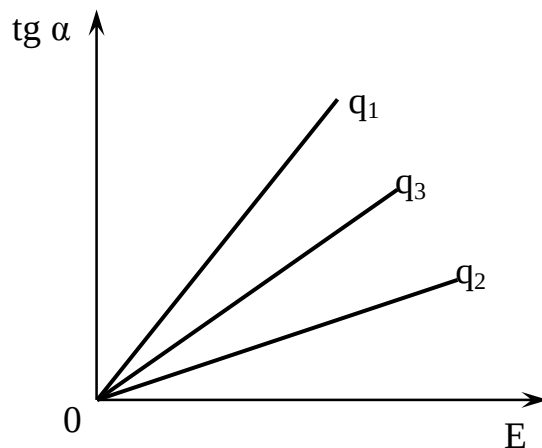


Рис. 296. К задаче 3.863

3.864. Маленький шарик заряд которого 5 мКл находится в электрическом поле, напряженность которого изменяется с течением времени так, как показано на рисунке 297. Какой импульс приобретет шарик под действием силы действующей на него со стороны поля через 2 с?

- 1) 30 Н·с;
- 2) 10 Н·с;
- 3) 20 Н·с;
- 4) 40 Н·с.

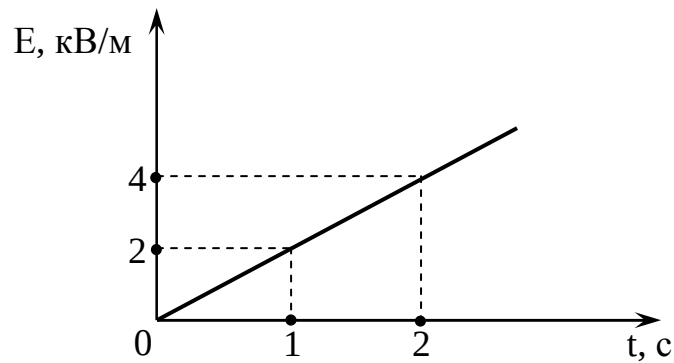


Рис. 297. К задаче 3.864

3.865. Две плоскопараллельные пластины имеющие поверхностную плотность зарядов σ_1 и σ_2 расположены так, как показано на рисунке 298. В каком из нижеприведенных соотношений между собой находятся модули напряженностей в указанных точках?

- 1) $E_C > E_A > E_B$;
- 2) $E_A > E_B > E_C$;
- 3) $E_A < E_B < E_C$;
- 4) $E_A = E_C > E_B$.

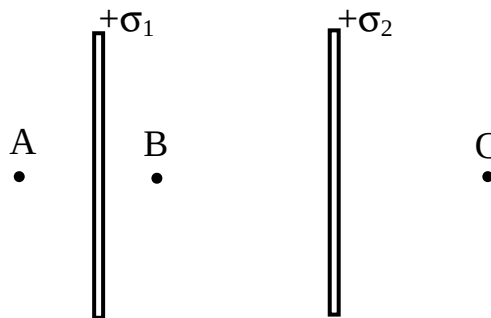


Рис. 298. К задаче 3.865

3.866. В двух вершинах равностороннего треугольника и в середине каждой стороны закреплены точечные заряды (рис. 299). Определить напряженность поля в третьей вершине, если $Q = 4$ нКл, а сторона треугольника 40 см.

- 1) 375 В/м;
- 2) 750 В/м;
- 3) 75 В/м;
- 4) 150 В/м.

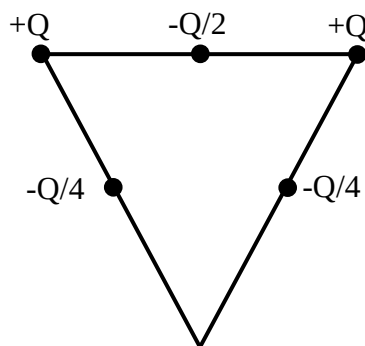


Рис. 299. К задаче 3.866

3.867. Две металлические пластины имеющие заряд $+Q_1$ и $-Q_2$ ($Q_1 > |Q_2|$) установлены так, как показано на рисунке 300. Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость напряженности электростатического поля в пространстве?

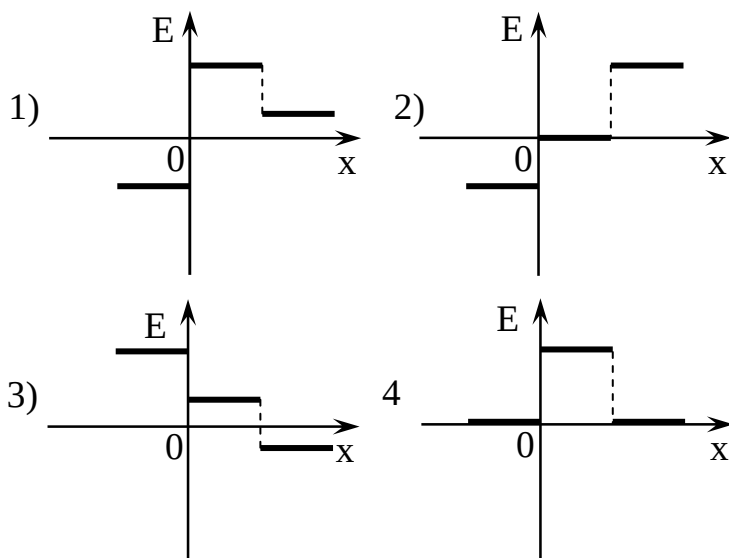
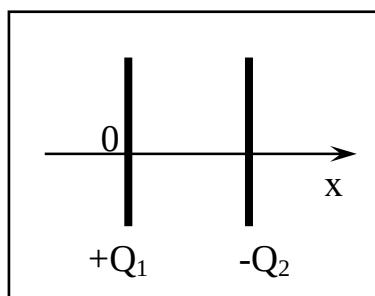


Рис. 300. К задаче 3.867

3.868. Металлическая пластина, обладающая зарядом q , находится в однородном электростатическом поле (рис. 301). Слева от пластины результирующее поле равно E_1 , а справа – E_2 . По какой из нижеприведенных формул можно рассчитать силу, с которой поле действует на эту пластину?

- 1) $q(E_1 + E_2)$; 2) $q(E_2 - E_1)$; 3) $q \frac{E_1 + E_2}{2}$; 4) $q \frac{E_1 - E_2}{2}$.

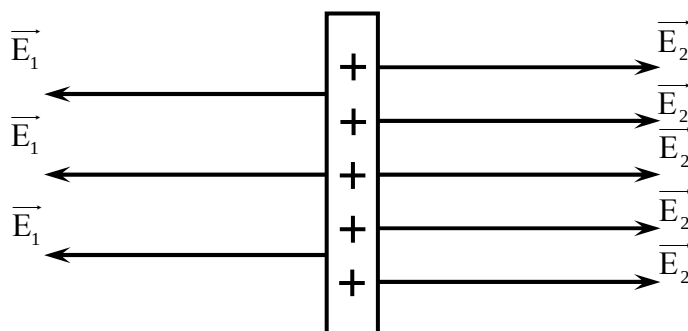


Рис. 301. К задаче 3.868

3.869. При перемещении отрицательного заряда в поле положительного закрепленного заряда из точки А в точку В (рис. 302), совершена работа равная 27 Дж. (Точка В находится посередине между точкой А и положительным зарядом). Определить работу по перемещению этого же отрицательного заряда из точки А в точку С, находящуюся посередине отрезка АВ.

- 1) 13,5 Дж;
2) 81 Дж;
3) 9 Дж;
4) 40,5 Дж.

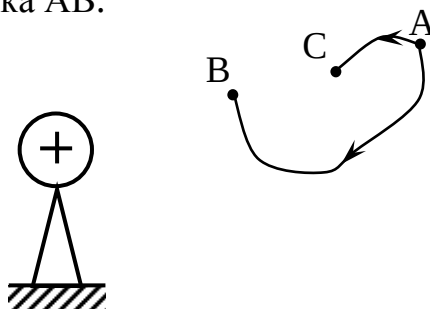


Рис. 302. К задаче 3.869

3.870. На рисунке 303 представлен график зависимости изменения кинетической энергии от пройденной разности потенциалов для трех заряженных частиц. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой значения зарядов этих частиц?

- 1) $q_3 = q_2 = q_1$;
2) $q_3 < q_1 < q_2$;
3) $q_3 > q_2 > q_1$;
4) $q_3 < q_2 < q_1$.

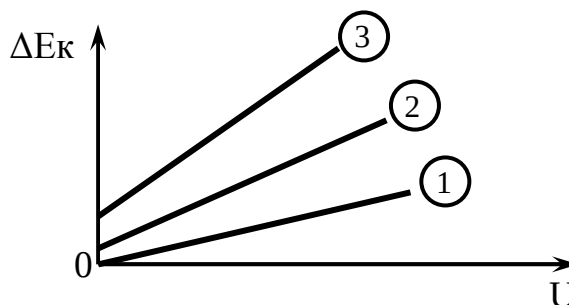


Рис. 303. К задаче 3.870

3.871. На рисунке 304 показана зависимость распределения потенциала поля точечного заряда от расстояния в трех различных средах. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой диэлектрические проницаемости этих сред?

- 1) $\epsilon_1 > \epsilon_3 > \epsilon_2$;
- 2) $\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_3$;
- 3) $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3$;
- 4) $\epsilon_1 < \epsilon_3 < \epsilon_2$.

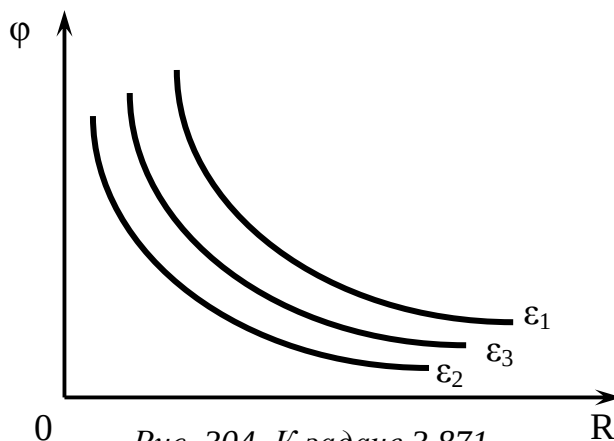


Рис. 304. К задаче 3.871

3.872. Два точечных неподвижных заряда расположены так, как показано на рисунке 305. Определить разность потенциалов между точками А и В.

- 1) $k \frac{q}{l}$;
- 2) $-2k \frac{q}{l}$;
- 3) $-2k \frac{q}{R-l}$;
- 4) $2k \frac{q}{R-l} - 2k \frac{q}{l}$.

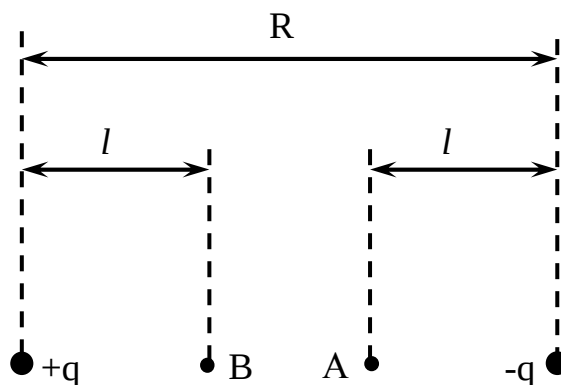


Рис. 305. К задаче 3.872

3.873. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 306) соответствует зависимости потенциальной энергии взаимодействия двух разноименных точечных зарядов от расстояния между ними?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

3.874. На рисунке 307 показан график распределения потенциала вдоль оси ОХ. Какой из нижеприведенных графиков соответствует зависимости проекции напряженности поля вдоль этой же оси?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

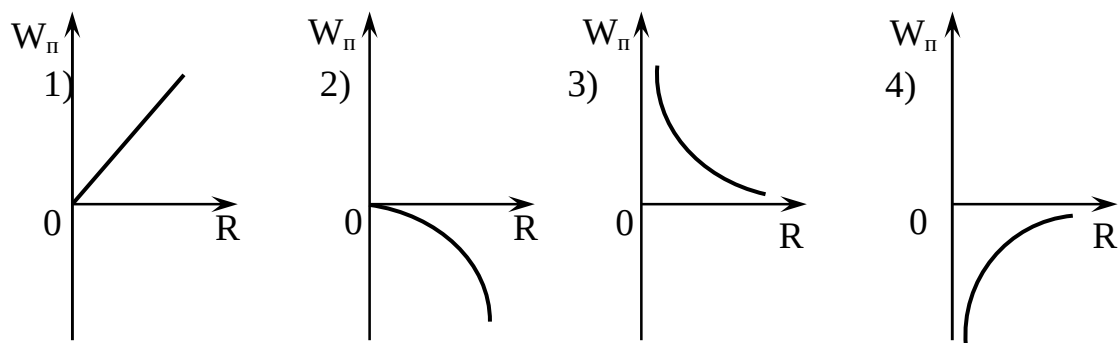


Рис. 306. К задаче 3.873

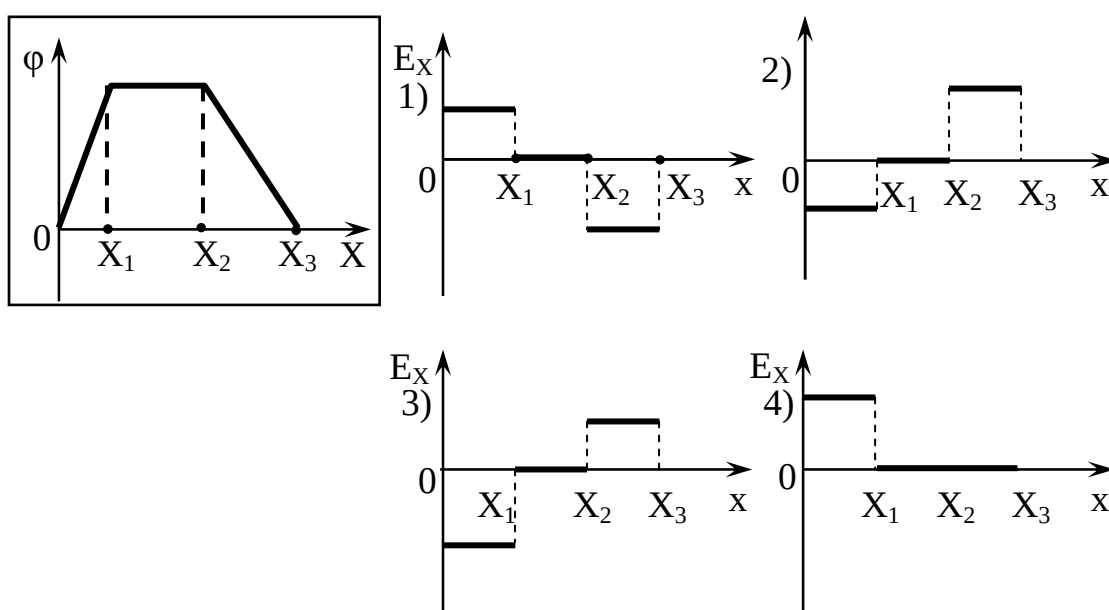


Рис. 307. К задаче 3.874

3.875. На рисунке 308 показано распределение линий напряженности внутри трех диэлектриков, помещенных в однородное электростатическое поле. Установить соответствие между диэлектриками и приведенными рисунками, если диэлектрики представляют собой стекло, бумагу и эбонит.

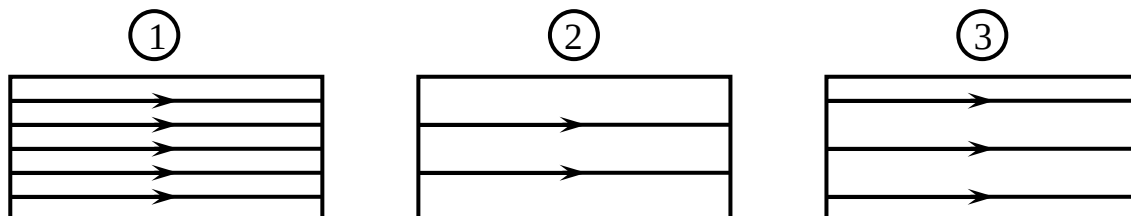


Рис. 308. К задаче 3.875

1) 1 среда – бумага; 2 – стекло; 3 – эбонит.

2) 1 среда – стекло; 2 – бумага; 3 – эбонит.

3) 1 среда – эбонит; 2 – стекло; 3 – бумага.

4) 1 среда – бумага; 2 – эбонит; 3 – стекло.

3.876. В электростатическое поле отрицательно заряженного шара внесли металлический цилиндр. Какой из нижеприведенных рисунков (рис. 309) наиболее точно отражает распределение зарядов в цилиндре после его разделения на две части?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

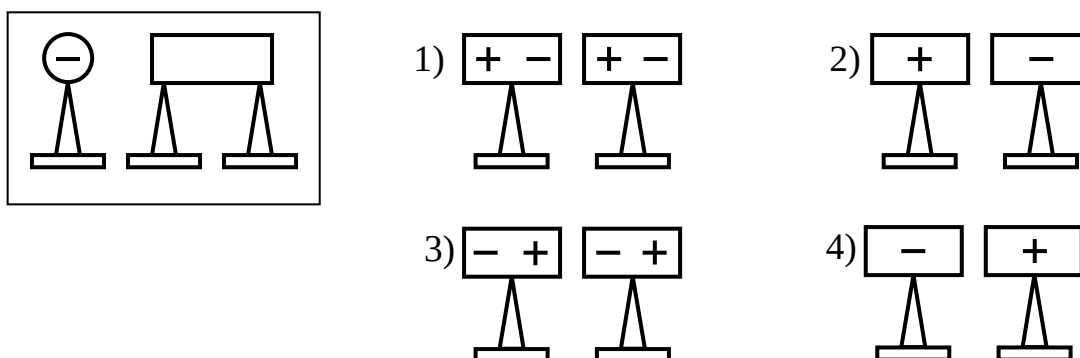


Рис. 309. К задаче 3.876

3.877. Какой из указанных точек на рисунке 310 соответствует наименьшее значение диэлектрической проницаемости? (E – напряженность поля в диэлектрике; E_0 – напряженность того же поля в вакууме).

1) 1;

2) 2;

3) 3;

4) 4.

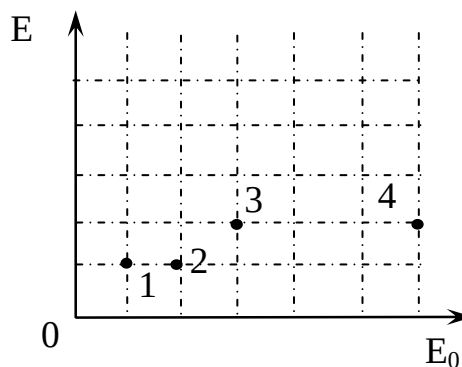


Рис. 310. К задаче 3.877

3.878. Металлический незаряженный шар вносят в однородное электростатическое поле. Какой из нижеприведенных рисунков (рис. 311), соответствует распределению силовых линий?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

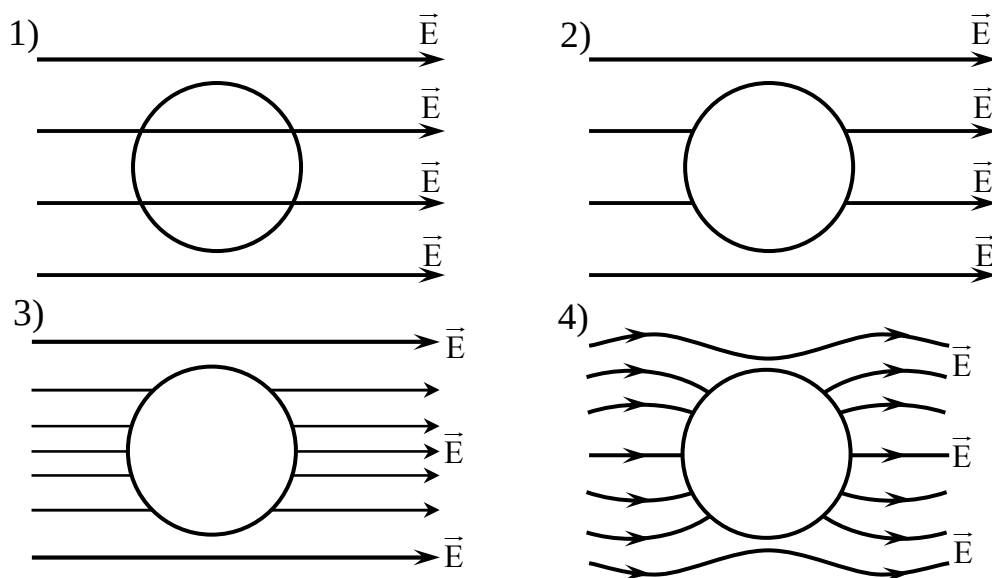


Рис. 311. К задаче 3.878

3.879. Трем проводящим шарам А, В, С сообщили одинаковые положительные заряды (рис. 312). Если эти шары замкнуть между собой проводом, то возникающий ток будет направлен:

- 1) От шара В – к шару А и к шару С.
- 2) От шара С – к шару В, а от шара В – к шару А.
- 3) От шара С – к шару В.
- 4) Ток вообще не возникнет.

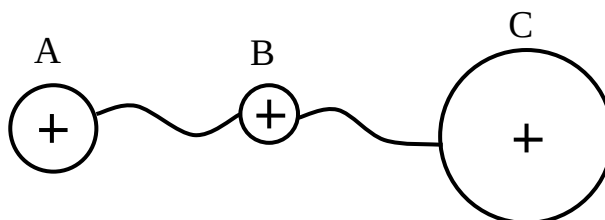


Рис. 312. К задаче 3.879

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

3.880. Сколько электронов в капле воды массой 0,03 г? Масса молекулы воды $3 \cdot 10^{-23}$ г.

3.881. Два шарика, расположенные на расстоянии 10 см друг от друга, имеют одинаковые заряды и взаимодействуют с силой 0,23 мН. Найти число «избыточных» электронов на каждом шарике.

- 3.882. Во сколько раз сила гравитационного притяжения между двумя протонами меньше силы их электростатического отталкивания?
- 3.883. Найти силу притяжения между ядром атома водорода и электроном. Принять радиус атома водорода равным $0,5 \text{ \AA}$.
- 3.884. Два точечных заряда, находясь в воздухе на расстоянии 20 см друг от друга, взаимодействуют с некоторой силой. На каком расстоянии нужно поместить эти заряды в масле, чтобы получить ту же силу взаимодействия?
- 3.885. Два одинаковых шарика находятся в керосине на расстоянии 40 см друг от друга. Заряд одного из них $9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, а другого $-2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Шарики привели в соприкосновение и вновь раздвинули на такое же расстояние. Найти силы их взаимодействия до и после соприкосновения.
- 3.886. По представлениям Бора, электрон в атоме движется по круговой орбите. Вычислить скорость движения электрона, если радиус его орбиты $0,5 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.
- 3.887. Два неподвижных точечных электрических заряда находятся в воздухе на расстоянии 0,3 м друг от друга. Величина первого заряда $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, второго 10^{-8} Кл . На каком расстоянии от большего заряда надо поместить между ними третий, чтобы он находился в равновесии?
- 3.888. Напряжённость электрического поля у поверхности Земли в среднем равна 120 В/м и направлена по вертикали. Найти электрический заряд Земли, приняв её радиус $R_z = 6,4 \cdot 10^3 \text{ км}$.
- 3.889. Найти напряжённость электрического поля в точке, лежащей посередине между точечными зарядами $q_1 = 8 \text{ нКл}$ и $q_2 = -6 \text{ нКл}$ находящимися в воздухе на расстоянии 10 см друг от друга.
- 3.890. Два точечных заряда 7,5 нКл и $-14,7 \text{ нКл}$ расположены на расстоянии 5 см. Найти напряжённость электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от положительного заряда и в 4 см от отрицательного заряда.
- 3.891. Шарик массой m , несущий заряд q , свободно падает в однородном электрическом поле с напряжённостью $\vec{E}$. Линии напряжённости направлены параллельно поверхности земли. Каково движение шарика? Написать уравнение траектории $y = y(x)$, направив ось x параллельно вектору напряжённости, а ось y вертикально вниз. Начальная скорость шарика равна нулю.
- 3.892. Найти скорость электрона, прошедшего разность потенциалов равную 1 В.

- 3.893. Во сколько раз скорость электрона прошедшего разность потенциалов 1000 В больше скорости электрона прошедшего разность потенциалов 1 В.
- 3.894. Два шарика с зарядами 6,66 нКл и 13,33 нКл находятся на расстоянии 40 см. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния 25 см.

Уровень В

- 3.895. До какого расстояния могут сблизиться два электрона, если они движутся навстречу друг другу с относительной скоростью 10^6 м/с?
- 3.896. Какой отрицательный заряд необходимо поместить в центр квадрата, в каждой вершине которого находится заряд 2,33 нКл, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, была равна нулю?
- 3.897. Два шарика одинаковых радиуса и массы подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. После сообщения шарикам заряда $q_0 = 0,4$ мкКл они оттолкнулись друг от друга и разошлись на угол $2\alpha = 60^\circ$. Найти массу каждого шарика, если расстояние от центра шарика до точки подвеса $l = 20$ см.
- 3.898. Бусинка массой 100 мг и зарядом $q = 16,7$ нКл, подвешена на нити. На какое расстояние надо поднести к ней снизу равный по величине одноимённый заряд, чтобы сила натяжения нити уменьшилась вдвое.
- 3.899. В вершинах равностороннего треугольника со стороной a находятся заряды q , $-q$ и q . Найти напряжённость поля, созданного этими зарядами в центре треугольника. Среда – воздух.
- 3.900. Три одинаковых точечных заряда по $2,7789 \cdot 10^{-7}$ Кл каждый расположены в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника. Определите напряжённость поля в точке посередине гипотенузы, длиной 10 см. Ответ дать в Мв/м, округлить до сотых.
- 3.901. Два одинаковых шарика имеющих одинаковый заряд q , соединены пружиной. Шарика колеблются так, что расстояние между ними меняется от l до $4l$. Найти жёсткость пружины, если её длина в свободном состоянии равна $2l$.
- 3.902. В вершинах правильного шестиугольника расположены одинаковые положительные заряды $q = 1$ нКл. Определить напряжённость в центре шестиугольника, если его сторона равна 5 см.
- 3.903. Медный шар радиусом 0,5 см помещён в масло. Плотность масла $\rho_m = 0,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Найти заряд шара, если в однородном электриче-

ском поле он оказался взвешенным в масле. Электрическое поле направлено вертикально вверх и его напряжённость 3,6 МВ/м.

3.904. Каков радиус капельки ртути имеющий заряд $2,4 \cdot 10^{-9}$ СГС_q, если в плоском горизонтально расположенном конденсаторе она находится в равновесии при напряжённости электрического поля 60 кВ/м.

3.905. Шарик массой 40 мг, имеющий положительный заряд 1 нКл, движется со скоростью 10 см/с. На какое расстояние r может приблизиться шарик к положительному точечному заряду $q_0 = 1,33$ нКл?

3.906. Из точки 1, потенциал которой 600 В в точку 2 с потенциалом равным нулю перемещается шарик с массой 1 г и зарядом 10 нКл. Найти его скорость в точке 1, если в точке 2 она стала равной 20 см/с.

3.907. На расстоянии 50 см от поверхности шара радиусом 9 см, заряженного до потенциала 25 кВ, находится точечный заряд 10^{-8} Кл. Какую работу надо совершить для уменьшения расстояния между шаром и зарядом до 20 см?

3.908. Диагонали ромба имеют длину 20 и 40 см (рис. 313). На концах короткой диагонали находятся точечные заряды +2 и +6 нКл, на концах длинной диагонали заряд –4 и –8 нКл. Найти потенциал поля в центре ромба.

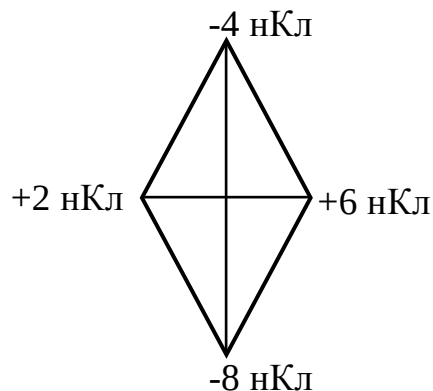


Рис. 313. К задаче 3.908

3.4.2. Электроёмкость. Конденсаторы

Качественные и графические задачи

- 3.909. Как изменится электроёмкость воздушного конденсатора, если увеличить расстояние между его обкладками вдвое? Если между его пластинами поместить диэлектрик – стекло?
- 3.910. Изобразите график зависимости энергии конденсатора от разности потенциалов на его обкладках.
- 3.911. Во сколько раз изменится ёмкость плоского конденсатора, если в него ввести две тонкие металлические пластины (рис. 314, а)? Если соединить эти пластины проводом (рис. 314, б)?

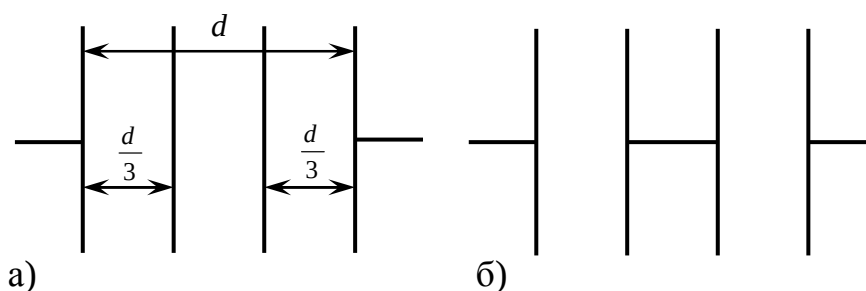


Рис. 314. К задаче 3.911

- 3.912. Два кубика ёмкостями C_1 и C_2 заряжены до потенциалов φ_1 и φ_2 соответственно (рис. 315, а). Чему равна общая ёмкость прямоугольной призмы, составленной из этих кубиков (рис. 315, б). Потерями энергии пренебречь.

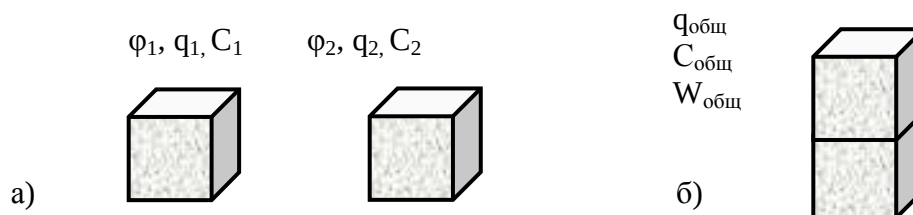


Рис. 315. К задаче 3.912

- 3.913. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 316) отражает зависимость ёмкости плоского конденсатора от диэлектрической проницаемости среды, заполняющей все пространство между обкладками конденсатора?
- 3.914. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 317) отражает зависимость ёмкости конденсатора от напряжения между обкладками?

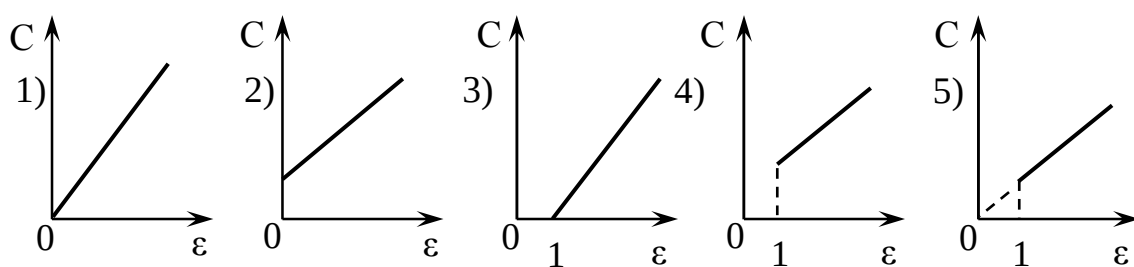


Рис. 316. К задаче 3.913

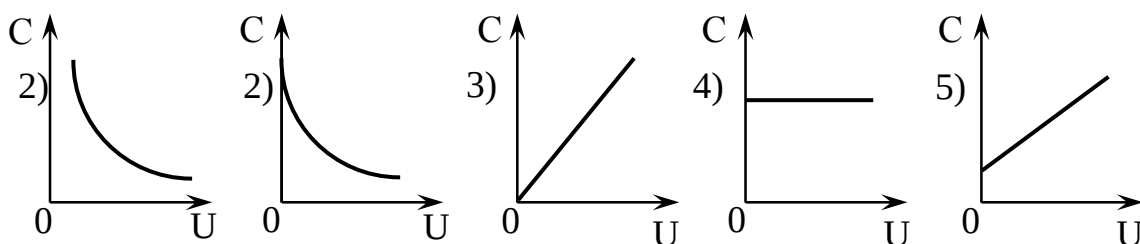


Рис. 317. К задаче 3.914

3.915. Найти ёмкости показанных на рис. 318, а–е систем. Все конденсаторы имеют одинаковую ёмкость C .

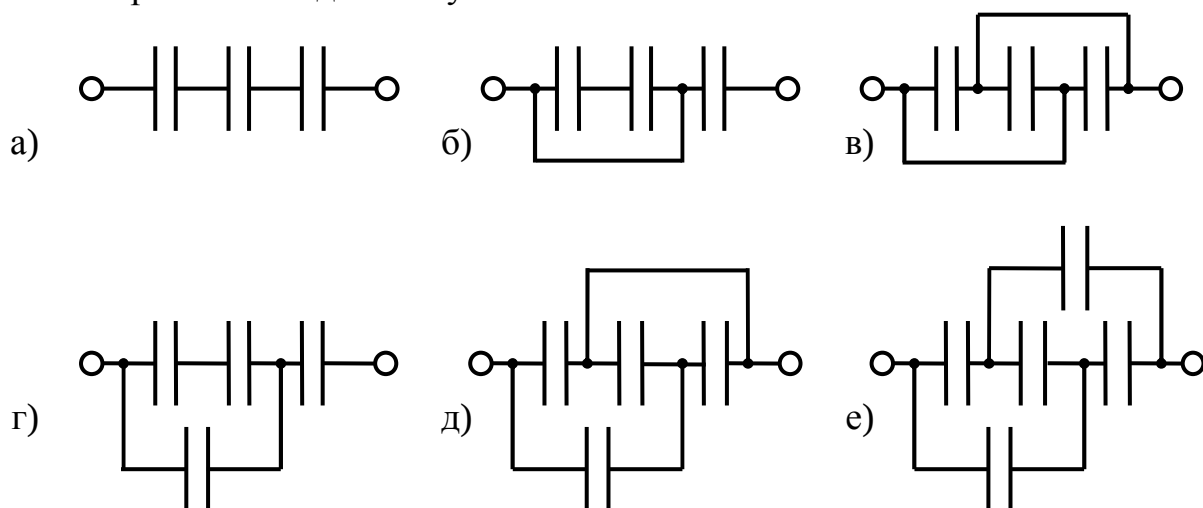


Рис. 318. К задаче 3.915

3.916. Конденсаторы ёмкостью C и $4C$ подключили к источнику тока напряжением U (рис. 319). Определить разность потенциалов между обкладками конденсатора ёмкостью C .

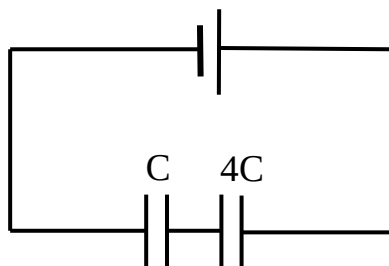


Рис. 319. К задаче 3.916

Тестовые задания

3.917. Плоский воздушный конденсатор заряжен и отключен от источника напряжения. Пластины конденсатора раздвигают. Какой из графиков (рис. 320) правильно показывает зависимость напряжённости электрического поля в конденсаторе от расстояния d между пластинами?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

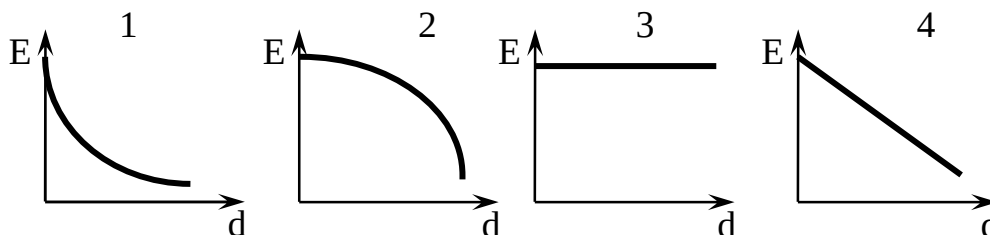


Рис. 320. К задаче 3.917

3.918. Какой или какие из нижеприведенных графиков (рис. 321) отражают зависимость емкости плоского конденсатора от указанных на рисунках параметров?

- 1) 1, 3; 2) 1, 4;
3) 2, 3; 4) 2, 4.

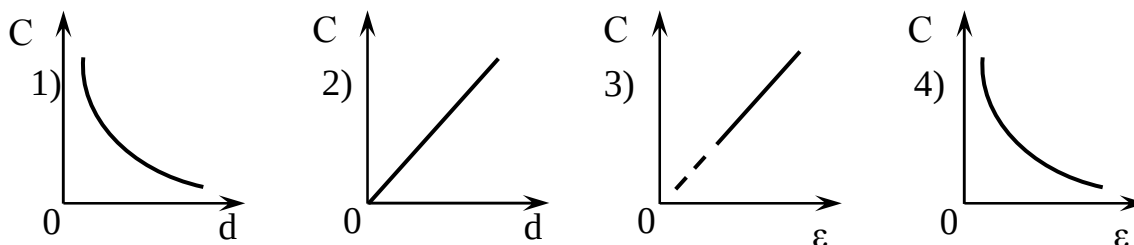


Рис. 321. К задаче 3.918

3.919. Выразить через основные единицы СИ единицу электроемкости.

- 1) Φ ;
- 2) $A^2 \cdot c^4 \cdot кг^{-1} \cdot м^{-2}$;
- 3) $A^2 \cdot c^2 \cdot кг \cdot м^{-2}$;
- 4) $A^2 \cdot c^4 \cdot кг \cdot м^{-2}$.

3.920. На рисунке 322 показана зависимость энергий трех конденсаторов от подаваемых на пластины напряжений. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой емкости этих конденсаторов?

- 1) $C_3 < C_2 < C_1$;
- 2) $C_3 > C_2 > C_1$;
- 3) $C_3 < C_1 < C_2$;
- 4) $C_3 > C_1 > C_2$.

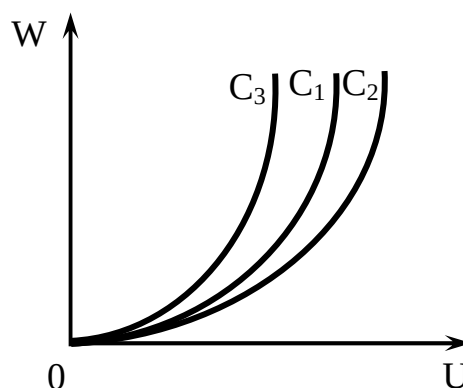


Рис. 322. К задаче 3.920

3.921. Определить эквивалентную (общую) емкость системы конденсаторов, изображенных на рисунке 323.

- 1) $18 C$;
- 2) $2/3 C$;
- 3) $9/16 C$;
- 4) $16/9 C$.

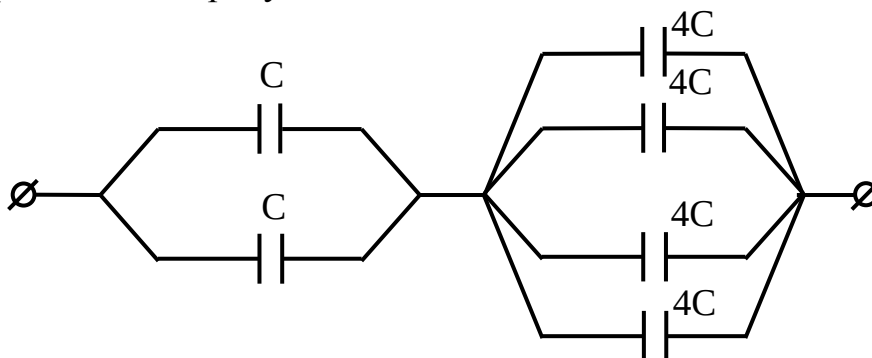


Рис. 323. К задаче 3.921

3.922. Определить эквивалентную (общую) емкость батареи конденсаторов, изображенных на рисунке 324, если $C_1 = C_2 = C_3 = C_6 = C_7 = C_8 = 2$ пФ, $C_4 = C_5 = 6$ пФ

- 1) $0,3$ пФ;
- 2) 6 пФ;
- 3) 24 пФ;
- 4) 16 пФ.

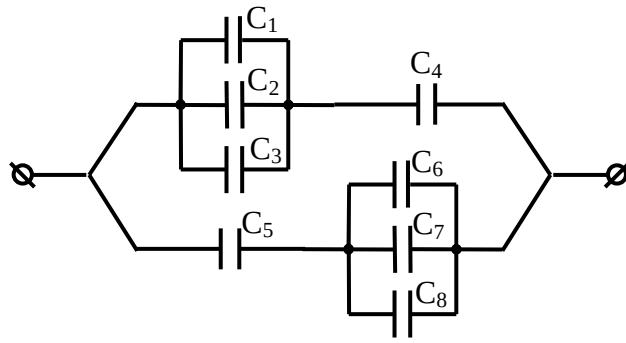


Рис. 324. К задаче 3.922

3.923. Определить напряжение на конденсаторе емкостью C (рис. 325), если напряжение на зажимах батареи равно 150 В .

- 1) 100 В ;
- 2) 50 В ;
- 3) 90 В ;
- 4) Нельзя определить.

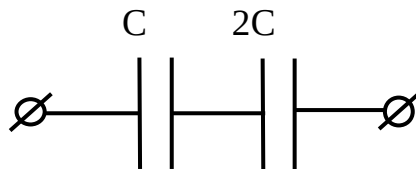


Рис. 325. К задаче 3.923

3.924. На сколько процентов величина заряда на обкладках второго конденсатора отличается от величины заряда на первом конденсаторе (рис. 326)?

- 1) На 400% больше;
- 2) На 75% больше;
- 3) На 300% больше;
- 4) На 25% больше.

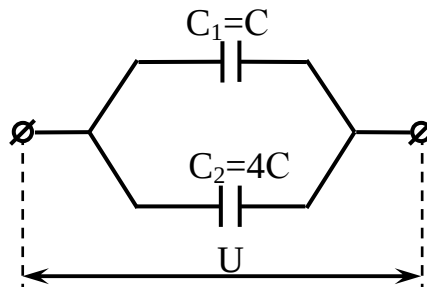


Рис. 326. К задаче 3.924

3.925. Определить заряд на пластине A (рис. 327), если емкости конденсаторов одинаковы и равны 8 пФ , а напряжение на зажимах батареи 200 кВ .

- 1) $3,2\text{ мкКл}$;
- 2) $-0,8\text{ мкКл}$;
- 3) 16 мкКл ;
- 4) $0,8\text{ мкКл}$.

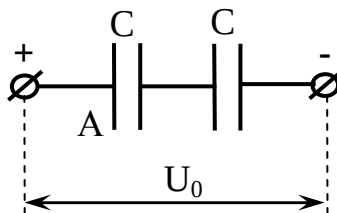


Рис. 327. К задаче 3.925

3.926. Заряд на пластинах конденсатора изменяется с течением времени так, как показано на рисунке 328. Какой из нижеприведенных графиков соответствует зависимости напряжения от времени на пластинах этого конденсатора?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

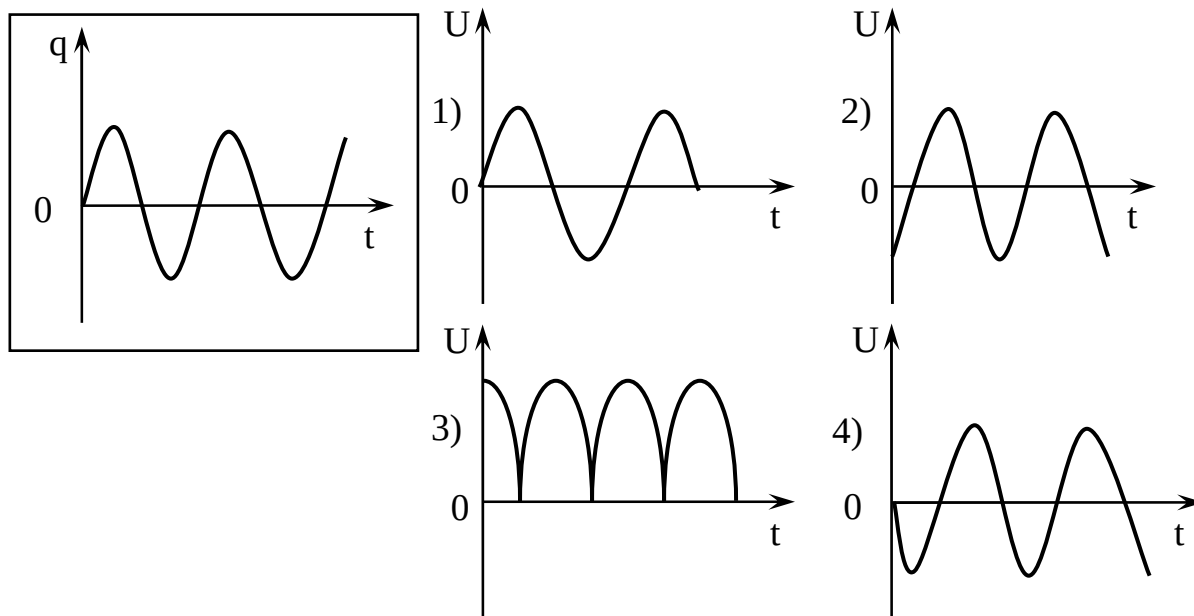


Рис. 328. К задаче 3.926

3.927. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора заполнены диэлектриками так, как показано на рисунке 329. На сколько процентов образовавшаяся емкость второго конденсатора отличается от емкости первого ($\epsilon_1=2$; $\epsilon_2=10$)?

- 1) Увеличилась на 180%;
2) Увеличилась на 80%;
3) Уменьшилась на 10%;
4) Увеличилась на 90%.

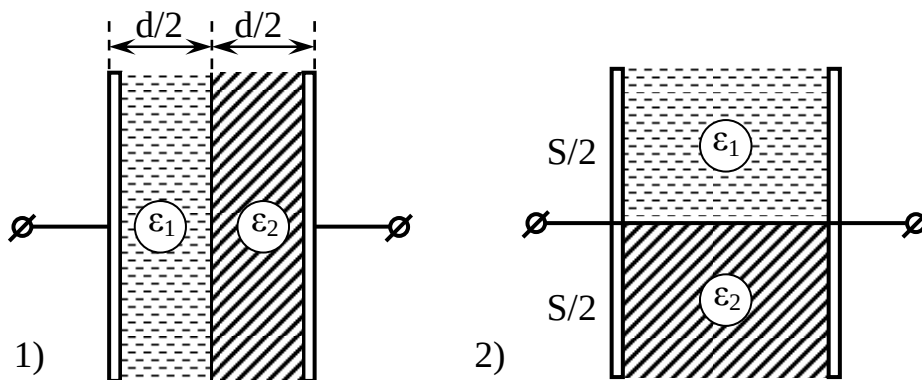


Рис. 329. К задаче 3.927

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.928. Шарику радиусом 4 см сообщён заряд $6,3 \cdot 10^{-7}$ Кл. Какой заряд перейдёт на шарик радиусом 2 см, если его соединить с большим шариком? Ёмкостью соединительного провода пренебречь.
- 3.929. Найти массу всех электронов, составляющих заряд, сообщённый шарiku, заряженному до потенциала 2 кВ Радиус шарика 2 см.
- 3.930. При увеличении напряжения, поданного на конденсатор ёмкостью 29 мкФ, в 2 раза энергия поля возросла на 0,3 Дж. Найти начальное значение напряжения и энергии поля.
- 3.931. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 90 В. Площадь каждой пластины 60 см^2 , заряд 1 нКл. На каком расстоянии друг от друга находятся пластины?
- 3.932. Найти ёмкость системы конденсаторов изображённых на рисунке 330. Ёмкость каждого конденсатора 0,5 мкФ.
- 3.933. Плоский конденсатор заряжен до разности потенциалов 1 кВ. Расстояние между пластинами равно 1 см. Диэлектрик – стекло. Определить объёмную плотность энергии конденсатора.

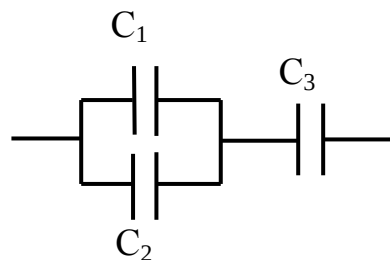


Рис. 330. К задаче 3.932

Уровень В

- 3.934. Восемь заряженных водяных капель радиусом 1 мм и зарядом 0,1 нКл каждая сливаются в одну общую водяную каплю. Найти потенциал большой капли.
- 3.935. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин диаметром 2 см, между которыми находится слой парафина ($\epsilon = 2$). Какой максимальный заряд должен быть на пластинах, чтобы при напряжённости электрического поля 5 МВ/м произошёл пробой диэлектрика?
- 3.936. Плоский конденсатор имеет площадь пластин 2000 см^2 . Расстояние, между которыми 0,5 мм. В конденсаторе находится пластина из слюды ($\epsilon = 7$), толщиной 0,3 мм. В остальной части – воздух. Определить ёмкость конденсатора. Ответ дать в нФ.
- 3.937. Вычислить ёмкость системы конденсаторов включенных между клеммами А и В (рис. 331). $C_1=2 \text{ мкФ}$, $C_2=1 \text{ мкФ}$.

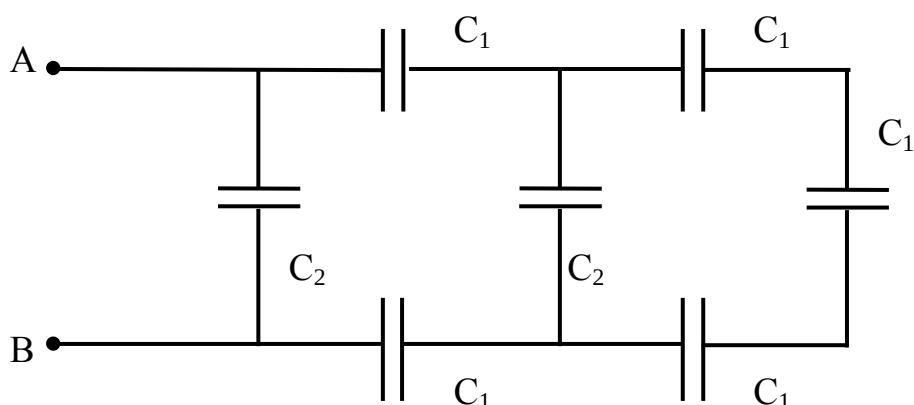


Рис. 331. К задаче 3.937

- 3.938. Общая ёмкость двух последовательно соединённых конденсаторов $3,2 \text{ пФ}$, а общая ёмкость при их параллельном соединении 20 пФ . Найти ёмкости каждого конденсатора.
- 3.939. Конденсатор состоит из двух неподвижных, вертикально расположенных, параллельных, разноименно заряженных пластин. Пластины расположены на расстоянии $d = 5 \text{ см}$ друг от друга. Напряженность поля внутри конденсатора $E = 10^4 \text{ В/м}$. Между пластинами, на равном расстоянии от них, помещен шарик с зарядом $q = 10^{-5} \text{ Кл}$ и массой $m = 20 \text{ г}$. После того как шарик отпустили, он начинает падать, и ударяется об одну из пластин. Оцените время падения шарика до удара о пластину.

3.4.3. Законы постоянного тока

Качественные и графические задачи

- 3.940. Почему в сырых помещениях возможно поражение человека электрическим током даже в случае, если он прикоснется к стеклянному баллону электрической лампочки?
- 3.941. Какое минимальное напряжение вызывает поражение человека электрическим током с тяжелым исходом?
- 3.942. От чего зависит биологическое действие и какой величины ток может вызвать смертельный исход?
- 3.943. Какие изменения вызывает ток в теле человека?
- 3.944. Почему птицы безнаказанно садятся на провода высоковольтной передачи?
- 3.945. Зависимость силы тока от напряжения на участке выражена графиками 1 и 2 (рис. 332). В каком случае проводник имеет большее сопротивление?
- 3.946. Зависимость силы тока от сопротивления на участке выражена графиками 1 и 2 (рис. 333). В каком случае проводник находится под большим напряжением?

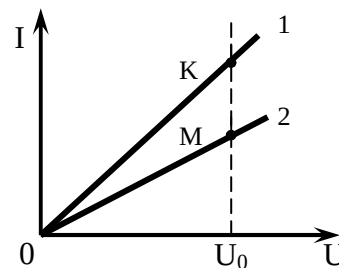


Рис. 332. К задаче 3.945

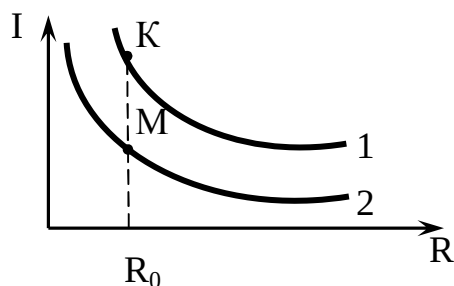


Рис. 333. К задаче 3.946

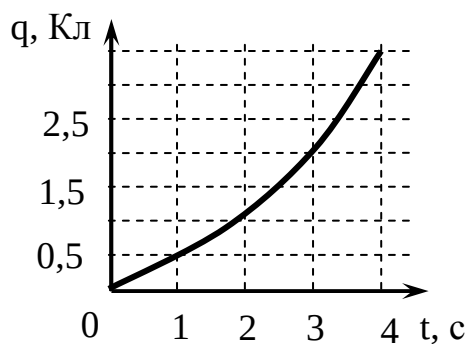


Рис. 334. К задаче 3.947

- 3.947. На графике (рис. 334) изображена зависимость величины заряда, проходящего через проводник от времени. Определить силу тока в проводнике в момент времени $t_1=3$ с.
- 3.948. На рисунке 335 представлены размеры и профили проводников. Определить:

- 1) электрическое сопротивление проводников, если известно, что проводники медные;
- 2) определить количество теплоты, выделившееся в каждом из медных проводников при прохождении тока в 1 А в течение 1 часа;
- 3) сравнить электрическое сопротивление проводников, изображенных на рисунке, если проводник а – медный, б – алюминиевый, в – никелиновый, г – нихромовый.

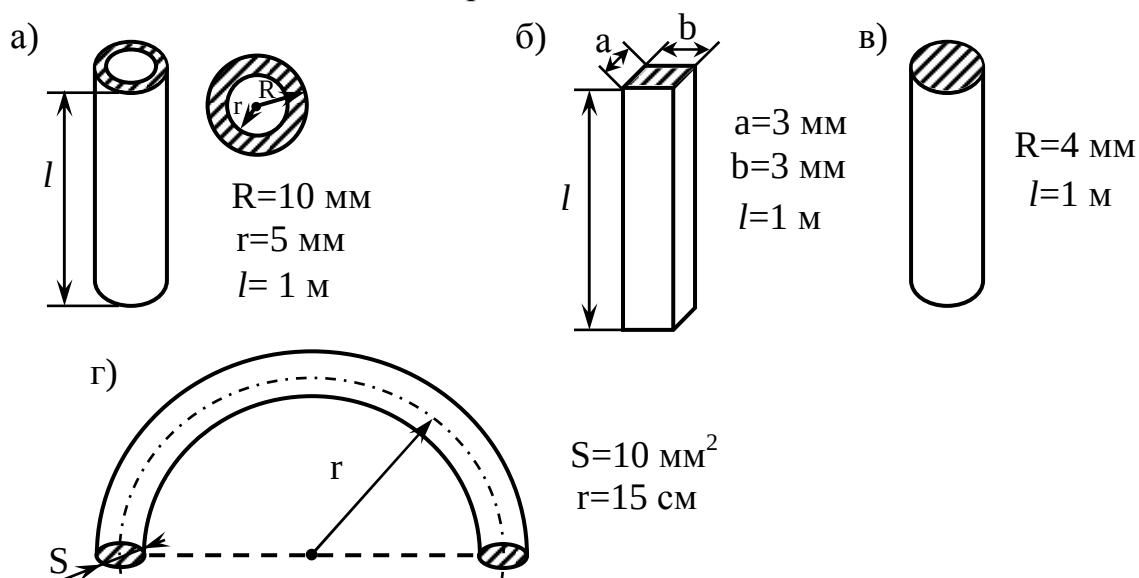


Рис. 335. К задаче 3.948

3.949. На рисунке 336 показан график падения напряжения на трех последовательно соединенных проводниках одинаковой длины и сечения. Как соотносятся сопротивления этих проводников?

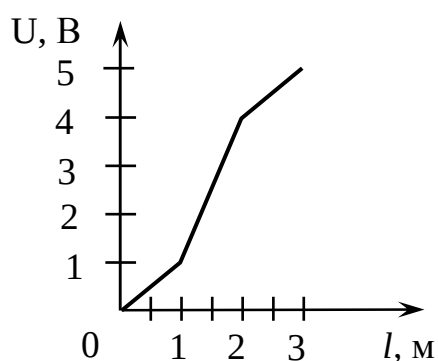


Рис. 336. К задаче 3.949

3.950. В цепи представленной на рисунке 337, включены одинаковые лампочки А, В, С.

- 1) Сравнить яркости лампочек;

- 2) Как изменится яркость лампочек, если убрать лампочку А из цепи? Лампочку В? Как изменится показание амперметра в этих случаях? Почему?
- 3) Что произойдёт, если соединить проводником точки *a* и *в*? Как изменится яркость лампочек?

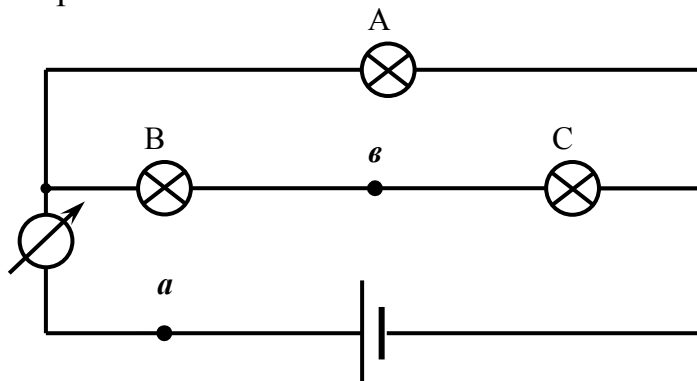


Рис. 337. К задаче 3.950

- 3.951. Нарисуйте график зависимости силы постоянного тока, протекающего по электрической цепи, от напряжения в следующих случаях:
- 1) В цепь включена одна лампочка с сопротивлением R .
 - 2) В цепь последовательно включены 2 лампочки с одинаковым сопротивлением R .
 - 3) В цепь параллельно включены 2 лампочки с одинаковым сопротивлением R .
- 3.952. Что изменилось на участке цепи, если включенный последовательно с ним амперметр показывает увеличение силы тока?
- 3.953. Во сколько раз уменьшится сопротивление проводника без изоляции, если его согнуть пополам, а затем скрутить?
- 3.954. Алюминиевая и медная проволоки имеют одинаковое сопротивление и одинаковую длину. Во сколько раз медная проволока тяжелее алюминиевой?
- 3.955. Имеет ли значение, как поставить выключатель: по схеме а или по схеме б (рис. 338)?

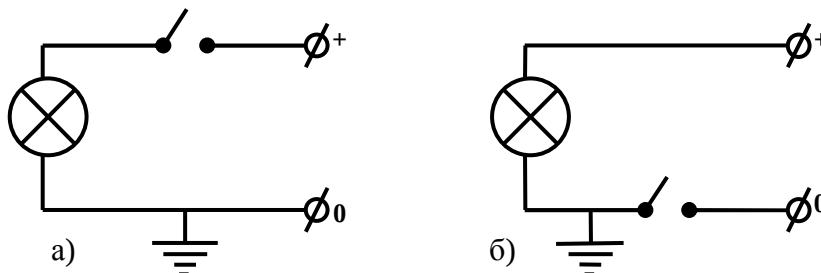


Рис. 338. К задаче 3.955

- 3.956. Что нужно отключить сначала: вилку переносного шнура из розетки или другой конец шнура, подключенного к прибору?
- 3.957. Что изменилось на участке цепи, если включенный параллельно вольтметр показывает уменьшение напряжения?
- 3.958. Как будут изменяться показания амперметра, если точку А (рис. 339) поочередно соединять медной проволокой с точками В, С, D, Е?

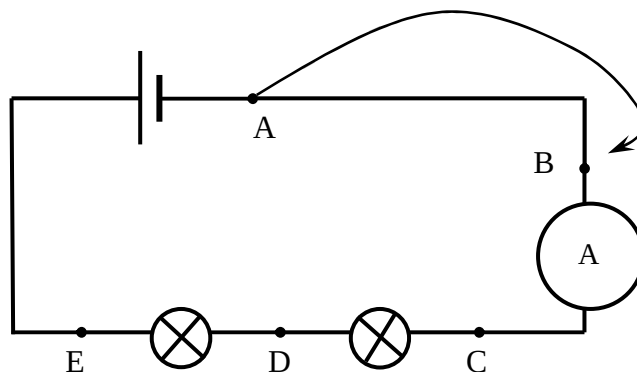


Рис. 339. К задаче 3.958

- 3.959. Как будут изменяться показания вольтметра, если точку А (рис. 340) поочередно соединять медной проволокой с точками В, С, D, Е?

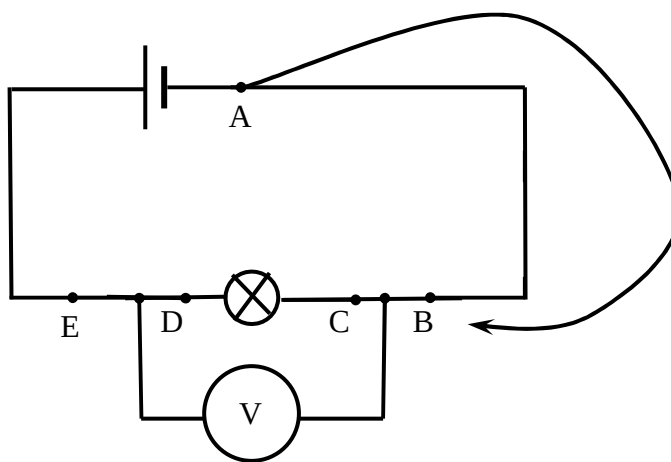


Рис. 340. К задаче 3.959

- 3.960. При каком условии сила тока в проводнике получается одинаковой при последовательном и при параллельном соединении n одинаковых гальванических элементов?
- 3.961. Какими способами можно определить напряжение в городской сети, имея в своем распоряжении любые приборы, кроме вольтметра?

- 3.962. Каким должно быть сопротивление амперметра, чтобы при включении его в цепь напряжение на зажимах источника тока практически не изменилось?
- 3.963. Какой проводник представляет большее сопротивление для постоянного тока: медный сплошной стержень или медная трубка, имеющая внешний диаметр, равный диаметру стержня? Длину обоих проводников считать одинаковой.
- 3.964. Зачем вспомогательные части цепи – клеммы, замыкатели и т. п. делают из меди, причем короткими и толстыми?
- 3.965. В каком случае вольтметр даст большее показание: при подключении к лампе или к амперметру? Почему?
- 3.966. Проводник АВ (рис. 341) изготовлен из однородной никелиновой проволоки, вдоль которой перемещается скользящий контакт С. Изобразите графически зависимость показаний вольтметра от длины l отрезка АС.

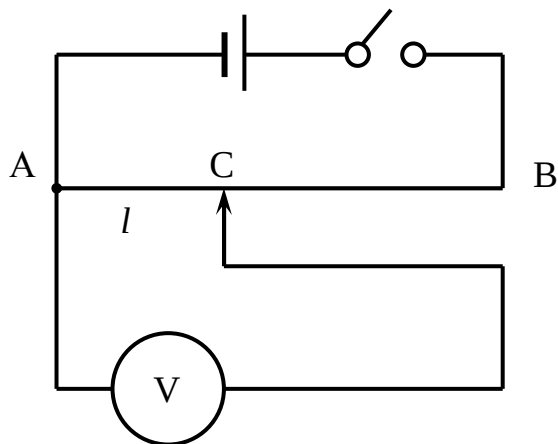


Рис. 341. К задаче 3.966

- 3.967. Две проволоки – железная и медная, одинаковой длины и одинакового сечения – включены в цепь параллельно. В какой из проволок сила тока будет больше?
- 3.968. Сопротивление вольтметра всегда должно быть значительно больше, чем сопротивление того участка, на концах которого измеряется напряжение. Почему?
- 3.969. Что нужно сделать, чтобы уменьшить чувствительность амперметра?
- 3.970. Два резистора включены параллельно. Сопротивление первого – 50 Ом, сопротивление второго 80 Ом. Каково их общее сопротивление?

- 3.971. Известно, что общее сопротивление двух резисторов 86 Ом. Сопротивление первого – 42 Ом. Определите сопротивление второго, если известно, что резисторы соединены последовательно.
- 3.972. Имеются два последовательно соединенных резистора. Сопротивление первого 27 Ом. Общее сопротивление равно 68 Ом. Найдите сопротивление второго резистора.
- 3.973. Имеются два резистора. Сопротивление первого 27 Ом. Если его параллельно присоединить ко второму, то общее сопротивление окажется 18 Ом. Найдите сопротивление второго резистора.
- 3.974. Известно, что общее сопротивление двух параллельно соединенных резисторов 26 Ом. Сопротивление первого 42 Ом. Найдите величину второго сопротивления.
- 3.975. От источника тока с напряжением 45 В необходимо питать нагревательную спираль сопротивлением 20 Ом, рассчитанную на напряжение 30 В. Имеются три реостата, на которых написано: 6 Ом, 3 А; 30 Ом, 4 А; 800 Ом, 0,6 А. Какой из этих реостатов надо взять?
- 3.976. Четыре одинаковых сопротивления R соединяют всеми возможными способами (рис. 342). Определить общее сопротивление во всех этих случаях.

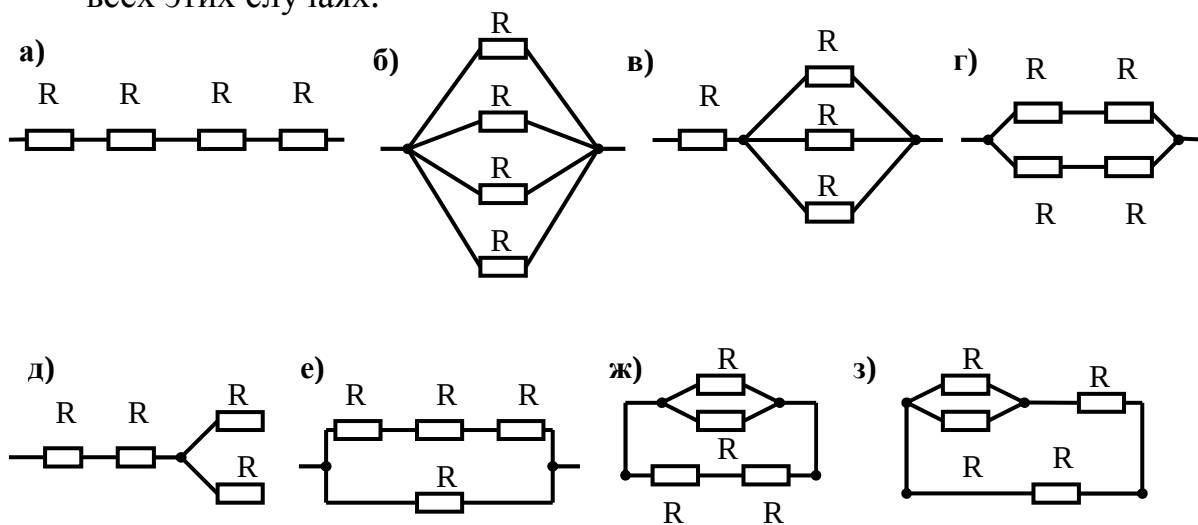


Рис. 342. К задаче 3.976

- 3.977. Определите общее сопротивление двух последовательно соединенных спиралей – на 240 Ом и 150 Ом.

Тестовые задания

3.978. На рисунке 343 представлена вольтамперная характеристика участка цепи для трех резисторов. Наибольшим сопротивлением обладает резистор...

- 1) R_1 ;
- 2) R_2 ;
- 3) R_3 ;
- 4) Не достаточно данных для ответа.

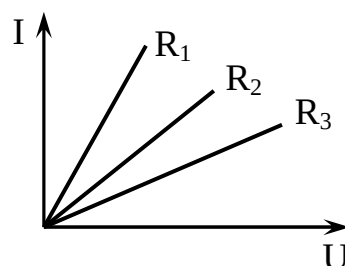


Рис.343. К задаче 3.978

3.979. Через участок цепи (рис. 344) течет постоянный ток $I=10$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

- 1) 2 А; 2) 3 А; 3) 5 А; 4) 10 А.

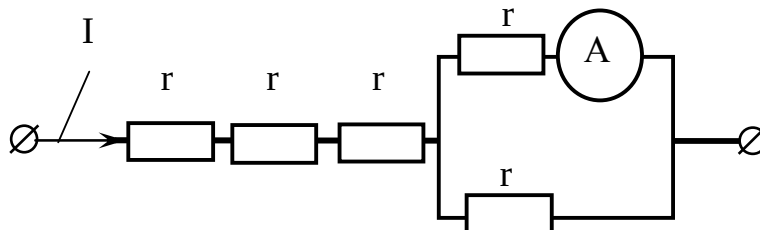


Рис. 344. К задаче 3.979

3.980. Какой из графиков (рис. 345) соответствует закону Ома для участка цепи?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

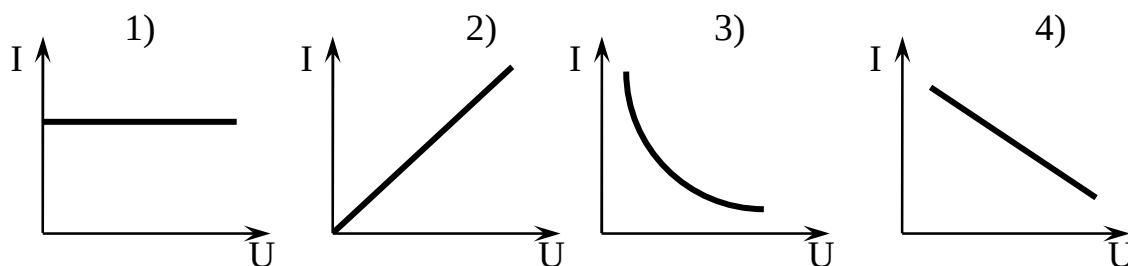


Рис. 345. К задаче 3.980

3.981. Какой из графиков (рис. 346) правильно описывает зависимость удельного сопротивления металла от температуры?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

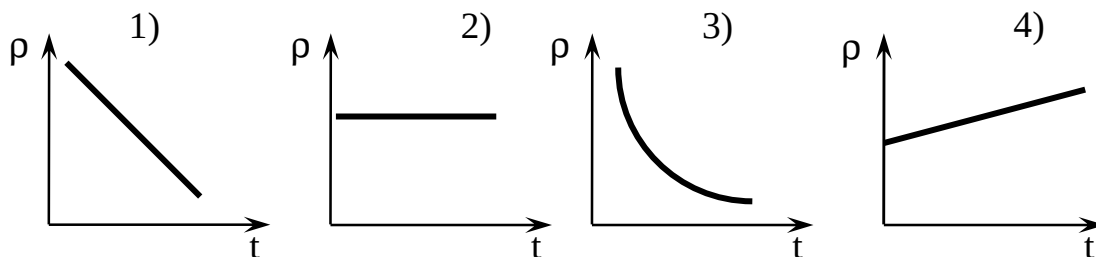


Рис. 346. К задаче 3.981

3.982. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 347) отражает зависимость силы тока I , от концентрации заряженных частиц?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

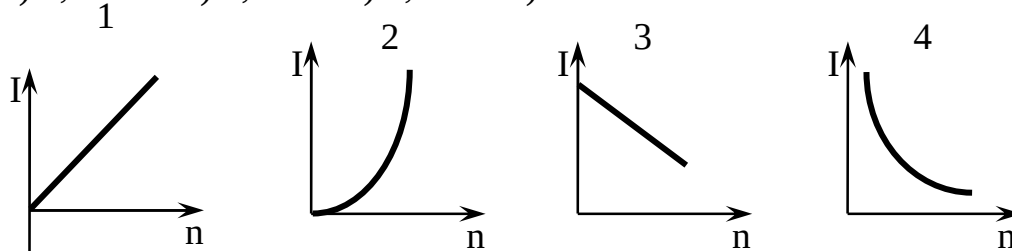


Рис. 347. К задаче 3.982

3.983. Какие из нижеприведенных графиков (рис. 348) соответствуют зависимости сопротивления цилиндрического резистора от удельного сопротивления ρ и площади его поперечного сечения S ?

- 1) 2, 5; 2) 1, 5; 3) 3, 4; 4) 1, 4.

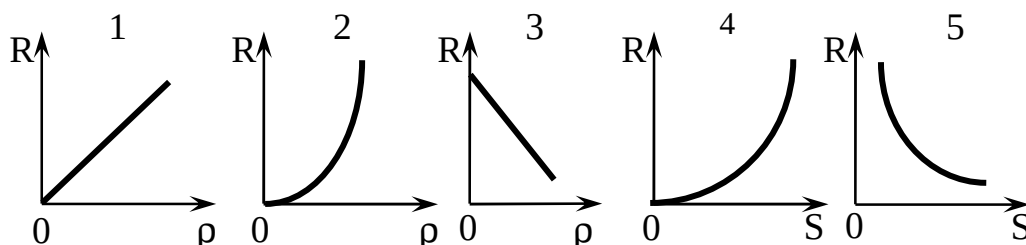


Рис. 348. К задаче 3.983

3.984. На рисунке 349 представлена зависимость сопротивления трех алюминиевых цилиндрических резисторов от их длины. В каком из нижеприведенных соотношений находятся диаметры этих проводников?

- 1) $d_3 = d_2 = d_1$;
 2) $d_3 > d_1 > d_2$;
 3) $d_3 < d_1 < d_2$;
 4) $d_3 > d_2 > d_1$.

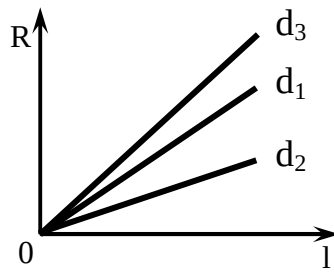


Рис 349. К задаче 3.984

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.985. Резисторы на 8 кОм и 1 кОм соединены последовательно. Определите показания вольтметра на крайних точках соединения, если сила тока в цепи равна 3 мА. Что покажут вольтметры, подключенные к первому и второму резисторам?
- 3.986. Имеются два последовательно соединенных резистора. К ним приложено напряжение 85 В. Напряжение на втором резисторе 40 В, сила тока в нем – 2 А. Определите напряжение на первом резисторе, силу тока в цепи и в первом резисторе.
- 3.987. Известно, что плитка и утюг включены параллельно. Напряжение на плитке 230 В, а сила тока в ней 2,5 А. Общая сила тока в цепи 6 А. Определите напряжение в сети, напряжение и силу тока в утюге.
- 3.988. Лампу и торшер включили параллельно. В сети напряжение 210 В. Сила тока в торшере 1,2 А, а общая сила тока – 3 А. Найдите напряжение на лампе и торшере и силу тока в лампе.
- 3.989. Вольтметр, включенный в сеть с напряжением 240 В последовательно с резистором 70 Ом, показывает 100 В. Что он покажет, если его включить в сеть с резистором 35 Ом?
- 3.990. К аккумулятору с напряжением 12 В подключили два последовательно соединенных резистора. При этом сила тока была 2 А. Когда резисторы соединили параллельно, сила тока стала равной 9 А. Определите сопротивления резисторов.
- 3.991. Электрическая плитка подключена к сети с напряжением 220 В с помощью проводов, имеющих сопротивление 5 Ом, при этом напряжение на плитке 210 В. Чему будет равно напряжение на плитке, если к ней подключить параллельно такую же плитку?

- 3.992. Лампа лобового прожектора тепловоза 2ТЭ–10Л имеет мощность 500 Вт и рассчитана на напряжение 50 В. Каково сопротивление нити лампы и сила тока, проходящего через лампу во время работы?
- 3.993. Определить потребляемый ток и расход электроэнергии электрической печи, предназначенной для отопления кабины электровоза за 1 час работы, если её мощность 1 кВт, а сопротивление 565 Ом.
- 3.994. Два медных проводника одинаковой длины ℓ соединены последовательно. Площадь поперечного сечения первого проводника равна S_1 , а второго – S_2 . Определите отношение напряженности электростатического поля в первом проводнике к напряженности поля во втором проводнике E_1/E_2 при протекании по ним электрического тока.
- 3.995. Найти диаметр поперечного сечения медного проводника весом 0,1 Н имеющим сопротивление 1 мОм.
- 3.996. Определите сопротивление медного провода, масса которого 1 кг, а площадь поперечного сечения $0,1 \text{ мм}^2$.
- 3.997. Серебряный проводник имеет радиус поперечного сечения 0,5 мм. Определить напряжённость электрического поля в нём при силе тока 2 А.
- 3.998. Напряжение на стальном проводнике 100 В, его длина 200 м. Средняя скорость упорядоченного движения свободных электронов в проводнике $5 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$. Найти концентрацию свободных электронов в этом проводнике.
- 3.999. Найти сопротивление железного стержня диаметром 1 см, если масса стержня 1 кг.
- 3.1000. Сколько витков нихромовой проволоки диаметром 1 мм необходимо намотать на фарфоровый цилиндр радиусом 2,5 см, чтобы получить печь сопротивлением 40 Ом?
- 3.1001. Катушка из медной проволоки имеет сопротивление 10,8 Ом. Масса медной проволоки 3,41 кг. Какой длины и какого диаметра проволока намотана на катушке?
- 3.1002. Определите плотность тока, если за 2 с через проводник с сечением $1,6 \text{ мм}^2$ прошло $2 \cdot 10^{19}$ электронов.
- 3.1003. Вольфрамовая нить электрической лампы при температуре $3,273 \cdot 10^3 \text{ К}$ обладает сопротивлением 260 Ом. Определите её сопротивление при температуре 20°С ($\alpha=0,0042 \text{ К}^{-1}$).
- 3.1004. Определите температурный коэффициент сопротивления провода α , составленного из алюминиевой проволоки с сопротивлением

$R_1 = 3 \text{ Ом}$ и железной проволоки с сопротивлением $R_2 = 2 \text{ Ом}$, соединенных последовательно.

- 3.1005. Вольтметр рассчитан на измерение максимального напряжения до 30 В. При этом через вольтметр идёт ток 10 мА. Какое дополнительное сопротивление нужно присоединить к вольтметру, чтобы им можно было измерять напряжение 150 В?
- 3.1006. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление элемента, если при сопротивлении внешнего участка цепи 3,9 Ом сила тока в цепи равна 0,5 А, а при сопротивлении 1,9 Ом сила тока равна 1 А.
- 3.1007. ЭДС источника тока равен 5 В. Определите внутреннее сопротивление источника тока, если вольтметр, подключённый к лампочке, показывает 4 В (рис. 350), а амперметр 2 А.

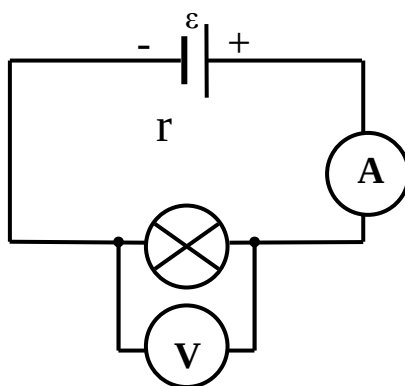


Рис. 350. К задаче 3.1007

- 3.1008. Электрическую лампочку с сопротивлением 240 Ом, рассчитанную на напряжение 120 В, надо включить в сеть с напряжением 220 В. Какой длины нихромовый проводник с сечением $0,55 \text{ мм}^2$ надо включить последовательно с лампой.
- 3.1009. Какое количество теплоты выделится, если к конденсатору ёмкостью 2 мкФ, заряженному до напряжения 100 В, параллельно присоединить такой же незаряженный конденсатор.

Уровень В

- 3.1010. Сколько электронов проходит через поперечное сечение проводника площадью 4 мм^2 за 2 мин, если плотность тока в проводнике 10^2 А/см^2 .
- 3.1011. По медному проводнику сечением $0,8 \text{ мм}^2$ течёт ток 80 мА. Найдите среднюю скорость упорядоченного движения электронов вдоль проводника, предполагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон.

- 3.1012. Через катушку, имеющую 1500 витков стального провода с диаметром витка 8 см, течёт электрический ток. Чему равно напряжение на катушке если плотность тока в ней 10 А/мм^2 ?
- 3.1013. Найти массу электронов, проходящих через поперечное сечение провода площадью сечения 1 мм^2 за 1 ч при плотности тока 1 А/мм^2 .
- 3.1014. На сколько изменится сопротивление электрической линии при изменении условий в результате перехода от зимнего времени к летнему, если она проложена железным проводом с поперечным сечением 10 мм^2 . Температура воздуха изменяется от $t_1 = -30^\circ\text{C}$ (зимой) до $t_2 = 30^\circ\text{C}$ (летом). Длина провода (зимой) 100 км, удельное сопротивление железа при $t = t_1 = -30^\circ\text{C}$ (зимой) – $\rho_1 = 0,087 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, температурный коэффициент сопротивления железа $\alpha = 6 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$. Тепловым удлинением линии пренебречь.**
- 3.1015. Параллельно расположенные квадратные пластины (рис. 351) присоединены к аккумулятору напряжением 600 В. Определить величину тока, проходящего через аккумулятор, если одна из пластин сдвигается относительно другой со скоростью 6 см/с. Стороны пластин равны 10 см; расстояние между пластинами 1 мм.

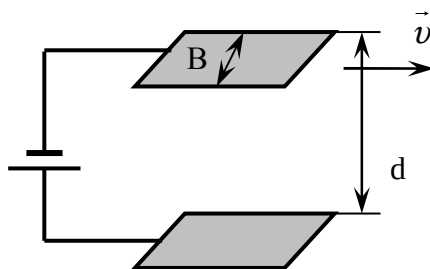


Рис. 351. К задаче 3.1015

- 3.1016. В схеме на рисунке 352 $R_1=2 \text{ Ом}$; $R_2=2,5 \text{ Ом}$; $R_3=3 \text{ Ом}$, если при пропускании тока напряжение на участке $AB=6 \text{ В}$, то напряжение на сопротивлении R_2 ?

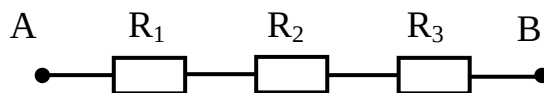


Рис. 352. К задаче 3.1016

- 3.1017. Мостик Уитстона сбалансирован так, что стрелка гальванометра G стоит на нуле (рис. 353). По резистору с сопротивлением $R_1=1 \text{ Ом}$ течёт ток силой $I_1=0,4 \text{ А}$, сопротивления $R_2=2 \text{ Ом}$ и $R_3=$

3 Ом. Найти ЭДС источника тока, если его внутреннее сопротивление $r = 0,2$ Ом.

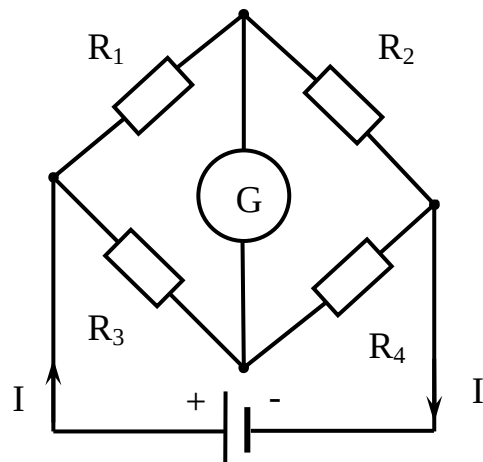


Рис. 353. К задаче 3.1017

3.1018. Цепь, показанная на рисунке 354, собрана из одинаковых резисторов и одинаковых вольтметров. Первый вольтметр показывает $U_1 = 10V$, а третий $U_3 = 8V$. Какое показание второго вольтметра?

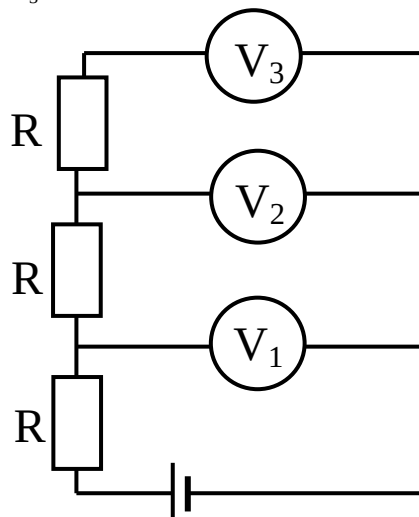


Рис. 354. К задаче 3.1018

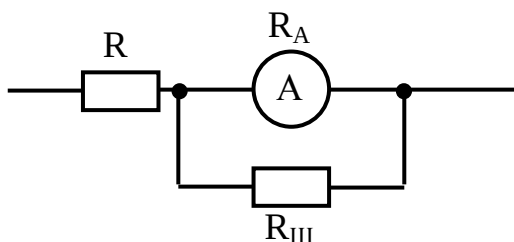


Рис. 355. К задаче 3.1019

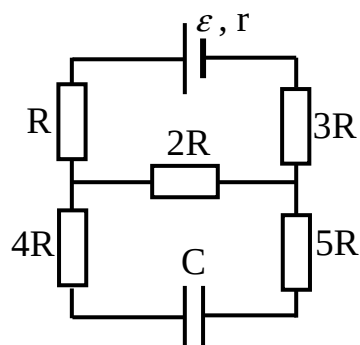


Рис. 356. К задаче 3.1020

- 3.1019. Определить сопротивление шунта амперметра, которым надо измерить ток 10 А, если сопротивление амперметра без шунта 27 Ом, а его шкала рассчитана на ток 1 А (рис. 355).
- 3.1020. Чему равна энергия конденсатора С, подключенного по электрической схеме, представленной на рисунке 356? Величины ϵ , R, r считать известными.
- 3.1021. Два одинаковых вольтметра показывают в схемах а и б (рис. 357) одинаковые напряжения $U = 10$ В. Определить напряжение источника питания U_0 .
- 3.1021. Два одинаковых вольтметра показывают в схемах а и б (рис. 357) одинаковые напряжения $U = 10$ В. Определить напряжение источника питания U_0 .

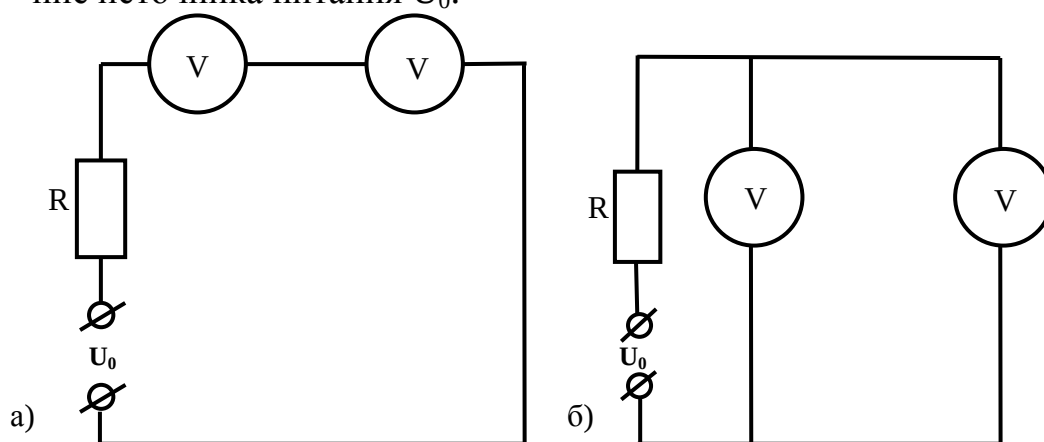


Рис. 357. К задаче 3.1021

- 3.1022. В резисторе сопротивлением 5 Ом сила тока 0,2 А. Резистор присоединён к источнику тока с ЭДС равной 2 В. Найти силу тока короткого замыкания.
- 3.1023. Какую силу тока покажет амперметр в изображённой на рисунке 358 цепи? Сопротивления резисторов: $R_1=6$ Ом, $R_2=8$ Ом, $R_3=12$ Ом, $R_4=24$ Ом. ЭДС источника 36 В, его внутреннее сопротивление 1 Ом.

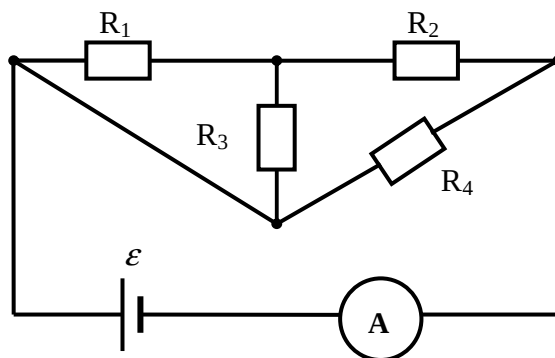


Рис. 358. К задаче 3.1023

3.4.4. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля–Ленца.

Качественные и графические задачи

- 3.1024. Почему спирали электронагревательных приборов делают из материала с большим удельным сопротивлением.
- 3.1025. Две электроплитки включены в сеть. Сопротивление первой – 60 Ом, а второй – 24 Ом. Какая из плиток потребляет большую мощность и во сколько раз?
- 3.1026. Две электрические лампочки с сопротивлением 360 Ом и 240 Ом включены в сеть параллельно. Какая из лампочек потребляет большую мощность и во сколько раз?
- 3.1027. При ремонте электрической плитки её спираль укоротили на 20%. Во сколько раз изменилась при этом мощность плитки?
- 3.1028. Последовательно соединенные медная и железная проволоки одинаковых длины и сечения подключены к аккумулятору. В какой из них выделится большее количество теплоты за одинаковое время?
- 3.1029. Два проводника различной длины, но одинакового сечения и материала включены параллельно друг другу в цепь электрического тока. В каком из них будет выделяться большее количество теплоты?
- 3.1030. Как изменилось количество теплоты, выделяемое электрической плиткой в единицу времени, если спираль плитки перегорела и поэтому была несколько укорочена?
- 3.1031. По резистору течет постоянный ток. На рис. 359 приведен график зависимости количества теплоты, выделяемой в резисторе, от времени. Сопротивление резистора 5 Ом. Чему равна сила тока в резисторе?

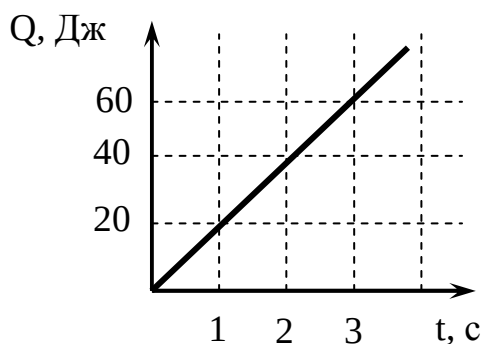


Рис. 359. К задаче 3.1031

- 3.1032. Две одинаковые спирали, нагреваемые одинаковым электрическим током, расположены одна вертикально, а другая горизонтально. Какая из них нагреется до более высокой температуры?
- 3.1033. Найти отношение количеств теплоты, выделяющихся в медной и стальной проволоках одинакового диаметра и одинаковой длины, включённых в цепь: а) последовательно; б) параллельно.

Тестовые задания

- 3.1034. Как изменится мощность, потребляемая электрической лампой, если ее электрическое сопротивление и напряжение на ней уменьшить в 3 раза?
- 1) уменьшится в 3 раза;
 - 2) уменьшится в 9 раз;
 - 3) не изменится;
 - 4) увеличится в 9 раз.
- 3.1035. При ремонте электроплитки спираль укоротили в 2 раза. Как изменилась мощность электроплитки?
- 1) увеличилась в 2 раза;
 - 2) не изменилась;
 - 3) уменьшилась в 2 раза;
 - 4) увеличилась в 4 раза.
- 3.1036. В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если сопротивление нагревателя и время t увеличить вдвое, не изменяя силу тока, то количество выделившейся теплоты будет равно
- 1) $8Q$; 2) $4Q$; 3) $2Q$; 4) Q .
- 3.1037. Правильное расположение тепловой мощности, выделяющейся на резисторах $R_1=1$ Ом, $R_2=2$ Ом, $R_3=4$ Ом, $R_4=6$ Ом, включенных по схеме представленной на рисунке 360, показано на диаграмме (рис. 361).
- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

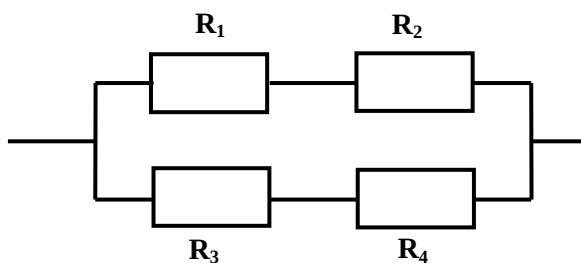


Рис. 360. К задаче 3.1037

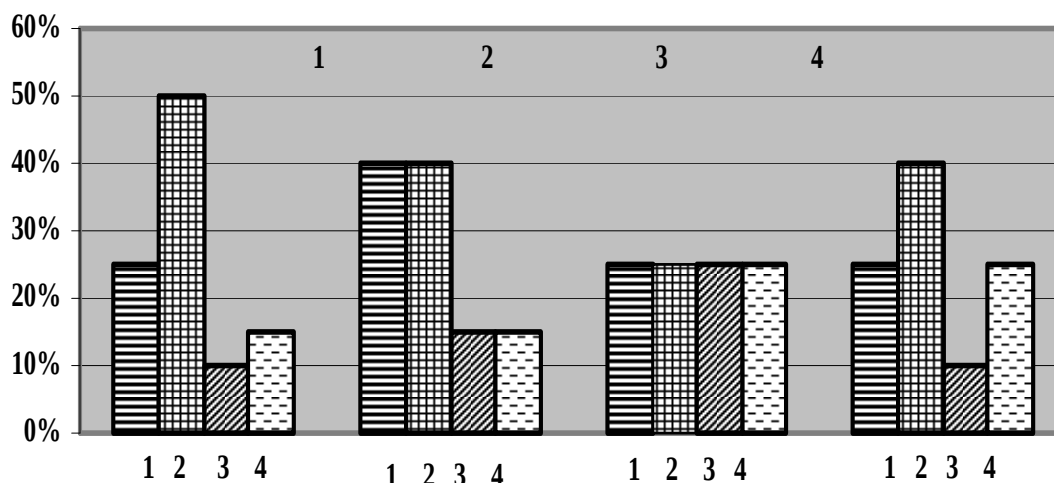


Рис. 361. Диаграмма распределения тепловой мощности на резисторах

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.1038. Лампа, рассчитанная на напряжение 127 В, потребляет мощность 100 Вт. Какой дополнительный резистор нужно включить последовательно с лампой, чтобы она потребляла такую же мощность от сети с напряжением 220 В?
- 3.1039. Две лампочки мощностью 100 Вт каждая, рассчитанные на 127 В, электрик намерен соединить параллельно и включить в сеть с напряжением 220 В. Резистор с каким сопротивлением нужно включить последовательно с лампами, чтобы они горели нормальным накалом?
- 3.1040. Через поперечное сечение проводника сопротивлением 250 Ом за 5 мин прошёл электрический заряд 600 Кл. Какое количество теплоты выделилось в проводнике?
- 3.1041. Воду объёмом 4,5 л имеющую температуру 23°C можно вскипятить, затратив $0,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электрической энергии. Определить к.п.д. нагревателя.
- 3.1042. Подъёмный кран работает под напряжением 380 В, поднимая груз массой 0,5 т на высоту 20 м за 1 мин. КПД подъёмного крана 50%. Найти силу тока в обмотке электродвигателя крана.
- 3.1043. Нагреватель в электрочайнике состоит из двух одинаковых секций. При включении одной секции вода закипает через 25 минут. Через какое время закипит вода, если обе секции включить последовательно, параллельно?

- 3.1044. Найти количество теплоты, выделяющееся в единицу времени в единице объёма медного провода при плотности тока 300 кА/м^2 .
- 3.1045. ЭДС батареи 6 В , внутреннее сопротивление 1 Ом . Внешняя цепь потребляет мощность 8 Вт . Определите силу тока и сопротивление во внешней цепи.

Уровень В

- 3.1046. Электроплитка содержит 3 спирали сопротивлением по 120 Ом каждая, соединенные между собой параллельно. Плитка включается в сеть параллельно с сопротивлением 50 Ом . Как изменится время нагревания чайника с водой от комнатной температуры до кипения, если одна спираль перегорит?
- 3.1047. Какой длины надо взять никелиновую проволоку площадью поперечного сечения $0,84 \text{ мм}^2$, чтобы изготовить нагреватель на 220 В , при помощи которого можно было бы нагреть 2 л воды от 20°C до кипения за 10 мин при КПД 80% .
- 3.1048. От батареи, ЭДС которой 600 В , требуется передать энергию на расстояние 1 км . Потребляемая мощность 5 кВт . Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных проводящих проводов $0,5 \text{ см}$.
- 3.1049. Электропечь должна за 10 мин выпарить 1 л воды, взятой при 20°C . Какова должна быть длина нихромовой проволоки сечением $0,5 \text{ мм}^2$, используемой в качестве нагревателя, если печь предназначена для напряжения 220 В и ее КПД равен 80% ?

3.4.5. Электрический ток в различных средах

Качественные и графические задачи

- 3.1050. Если потереть баллон неоновой лампочки, то можно заметить, что она короткое время светится. Как объяснить это явление?
- 3.1051. Почему при включении в квартире мощного электронагревателя горящие лампочки сразу заметно меркнут, но затем их яркость постепенно возрастает, хотя и не достигает первоначальной?
- 3.1052. При нанесении металлических покрытий с помощью электролиза иногда в конце процесса на некоторое время изменяют направление тока на противоположное. В результате поверхность становится более гладкой. Почему?
- 3.1053. Что произойдёт с горячей электрической дугой, если сильно охладить отрицательный электрод? Положительный?
- 3.1054. Через два алюминиевых проводника, соединённых последовательно проходит ток. Диаметр второго проводника в 3 раза меньше первого. Сравнить скорость упорядоченного движения электронов в проводниках.
- 3.1055. Какая вольтамперная характеристика (рис. 362) описывает самостоятельный разряд в газе?

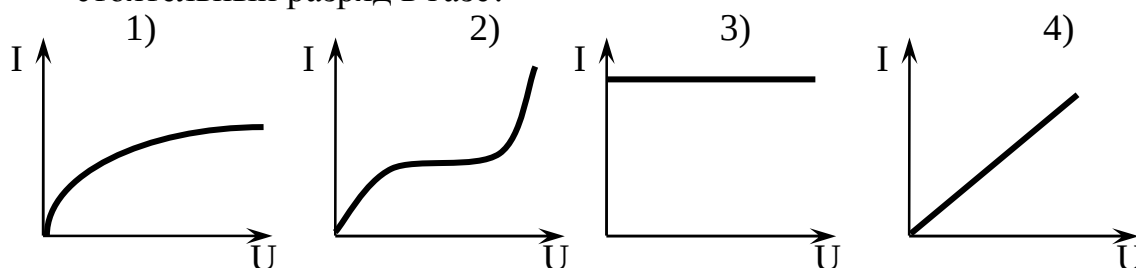


Рис. 362. К задаче 3.1055

- 3.1056. Какой из графиков (рис. 363), представляет собой вольтамперную характеристику диода, включенного в прямом направлении?

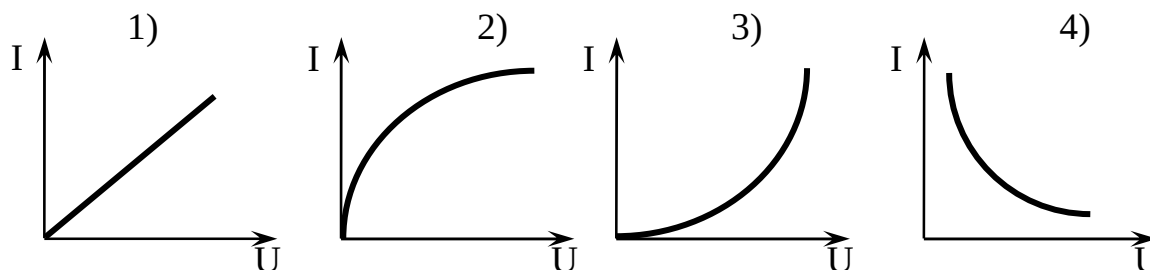


Рис. 363. К задаче 3.1056

3.1057. Две одинаковые электролитические ванны наполнены раствором соли хрома. Концентрация раствора в первой ванне больше чем во второй. В какой из ванн выделится больше хрома, если их соединить последовательно? Параллельно?

Тестовые задания

3.1058. Для получения чистых металлов через раствор соли или щелочи, содержащей ионы этих металлов, пропускают электрический ток. При этом на отрицательном электроде выделяется чистый металл. Этот процесс называется:

- 1) Электризацией;
- 2) Поляризацией;
- 3) Электролизом;
- 4) Электролитической диссоциацией.

3.1059. Ток в металлах создаётся движением

- 1) электронов;
- 2) только положительных ионов;
- 3) отрицательных и положительных ионов;
- 4) только отрицательных ионов.

3.1060. Источник тока присоединили к двум пластинам, опущенным в раствор поваренной соли. Сила тока в цепи равна 0,2 А. Какой заряд проходит между пластинами в ванне за 2 мин?

- 1) 0,4 Кл;
- 2) 24 Кл;
- 3) 10 Кл;
- 4) 600 Кл.

3.1061. Какими носителями электрического заряда создаётся ток в полупроводниках, не содержащих примесей?

- 1) Только электронами;
- 2) Только ионами;
- 3) Электронами и ионами;
- 4) Электронами и дырками.

3.1062. В четырёхвалентный кремний добавили в первом опыте трёхвалентный химический элемент, а во втором – пятивалентный элемент. Каким типом проводимости в основном будет обладать полупроводник в каждом случае?

- 1) В первом случае – дырочной, во втором случае – электронной;
- 2) В первом случае – электронной, во втором случае – дырочной;
- 3) В обоих случаях электронной;
- 4) В обоих случаях дырочной.

- 3.1063. Концентрацию донорной примеси в полупроводнике увеличивают в два раза. При этом примерно в 2 раза
- 1) увеличивается электронная проводимость;
 - 2) уменьшается электронная проводимость;
 - 3) увеличивается дырочная проводимость;
 - 4) уменьшается дырочная проводимость.
- 3.1064. Какой из перечисленных элементов является полупроводником?
- 1) железо;
 - 2) кремний;
 - 3) ртуть;
 - 4) кислород.
- 3.1065. Какими носителями электрического заряда создается ток в водном растворе соли?
- 1) только ионами;
 - 2) электронами и «дырками»;
 - 3) электронами и ионами;
 - 4) только электронами.
- 3.1066. Перенос вещества в растворах электролитов осуществляется
- 1) электронами и протонами;
 - 2) электронами и дырками;
 - 3) нейтральными молекулами раствора;
 - 4) положительными и отрицательными ионами.
- 3.1067. Какое из нижеприведенных утверждений справедливо? Как изменится масса выделившегося вещества при электролизе данного электролита, если:
- A) Увеличится температура электролита;
 - B) Увеличится напряжение между электродами;
 - C) Увеличить погруженную часть электродов;
 - D) Сблизить электроды.
- 1) В случаях B, C и D масса выделившегося вещества увеличится, а в A – уменьшится.
 - 2) В случае A – увеличится, а в остальных уменьшится.
 - 3) случаях A и B – увеличится, а в C и D уменьшится.
 - 4) Во всех случаях масса выделившегося вещества уменьшится.
- 3.1068. По какой из нижеприведенных формул, можно рассчитать число атомов, выделившихся на электроде? Где q_e – величина элементарного заряда; n – валентность; t – время; I – сила тока.
- 1) $\frac{q_e n}{It}$; 2) $\frac{q_e n t}{I}$; 3) $\frac{It n}{q_e}$; 4) $\frac{It}{q_e n}$.

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.1069. Сила тока в лампочке карманного фонаря 0,32 А. Сколько электронов проходит через поперечное сечение нити накала за 1 с?
- 3.1070. Какой наименьшей скоростью должен обладать электрон для того, чтобы ионизировать атом водорода? Потенциал ионизации атома водорода $U=13,5$ эВ.
- 3.1071. Определите силу тока в электролитической ванне, необходимую для осаждения 0,2 моль двухвалентного металла за 1 час.
- 3.1072. Сколько времени движется электрон от катода к аноду в вакуумном диоде, если напряжение между электродами 440 В? Расстояние между электродами 1 мм. Начальная скорость электрона равна нулю.
- 3.1073. При электролизе раствора медного купороса была совершена работа 2 кВт·ч. Определить массу выделившейся меди, если напряжение на зажимах электролитической ванны 6 В, $k = 3,3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.

Уровень В

- 3.1074. Сколько времени необходимо для получения на плоской поверхности медного покрытия толщиной 1 мм при прохождении через электролитическую ванну тока плотностью 500 А/м²? Электрохимический эквивалент меди равен $3,3 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.
- 3.1075. Электрон со скоростью v_0 влетает в середину между вертикально отклоняющими пластинами электронно-лучевой трубки (рис. 364) на которые подано напряжение U . Длина пластин l , расстояние между ними d . На расстоянии L от пластин находится экран трубки. Определить смещение электрона на экране.
- 3.1076. Длина свободного пробега электрона в воздухе 5 мкм, энергия ионизации молекул $2,4 \cdot 10^{-18}$ Дж. Определить напряжённость электрического поля, при которой начнётся самостоятельный разряд.

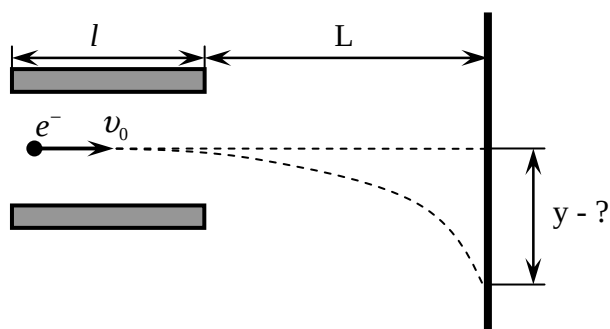


Рис. 364. К задаче 3.1075

3.4.6. Магнитное поле.

Движение заряженных частиц в магнитном поле

Качественные и графические задачи

3.1077. Мягкая металлическая пружина висит, погрузившись нижним концом в ртуть на небольшую глубину (рис. 365). Что произойдёт после замыкания ключа?

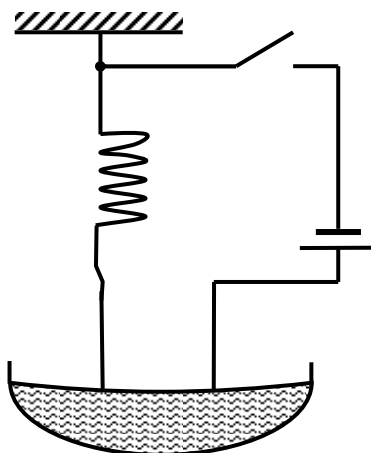


Рис. 365. К задаче 3.1077

3.1078. Какое положение относительно магнита займет при пропускании тока подвижная рамка ABCD (рис. 366)?

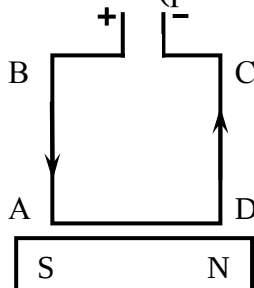


Рис. 366. К задаче 3.1078

3.1079. Используя рисунок 367 сформулировать задачу для каждого из случаев и решить её.

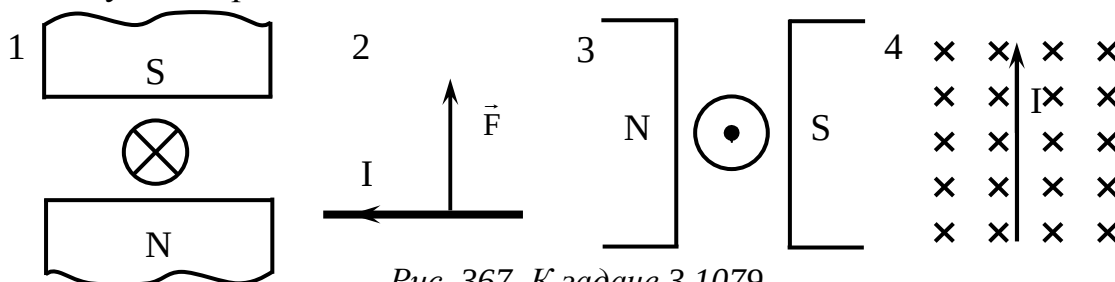


Рис. 367. К задаче 3.1079

3.1080. В коробке перемешаны медные винты и железные шурупы. Укажите наиболее простой способ их разделения.

3.1081. Как узнать, намагничена ли пилка от лобзика, не пользуясь ни каким другим телом?

3.1082. На отрезок проводника с током I , помещённого в однородное магнитное поле, действует сила Ампера, как показано на рисунке 368. Определите направление линий магнитной индукции.

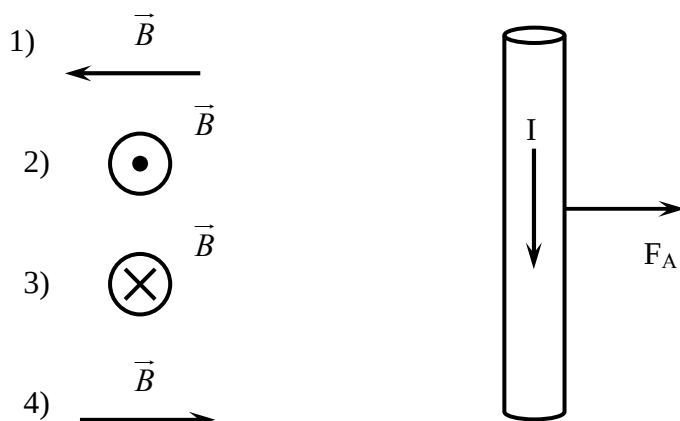


Рис. 368. К задаче 3.1082

3.1083. Как направлена сила Лоренца действующая на отрицательно заряженную частицу (рис. 369).

3.1084. Какой график (1, 2, 3 или 4) (рис. 370) правильно изображает зависимость от времени кинетической энергии электрона, влетевшего в однородное магнитное поле с начальной кинетической энергией E_{k0} ?

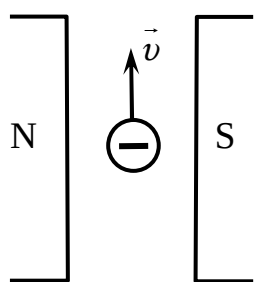


Рис. 369. К задаче 3.1083

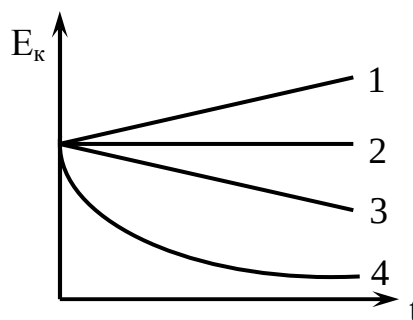


Рис. 370. К задаче 3.1084

3.1085. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 371) наиболее точно отражает зависимость силы Ампера от угла между направлением тока и вектором магнитной индукции?

3.1086. Положительно заряженная частица влетает в область магнитного поля перпендикулярно линиям магнитной индукции. При этом вектор магнитной индукции этого поля начинает возрастать по ли-

нейному закону. Какой из нижеприведенных рисунков (рис. 372) наиболее точно описывает вид траектории этой частицы?

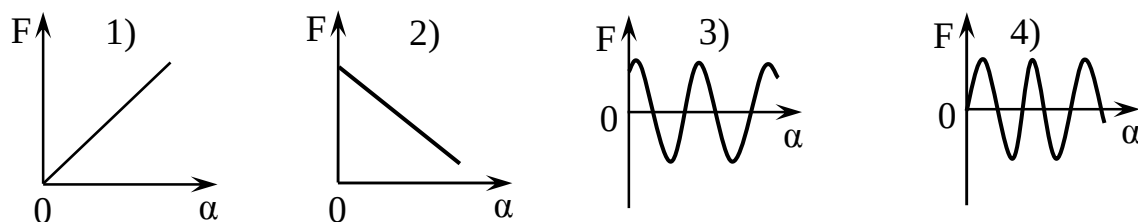


Рис. 371. К задаче 3.1085

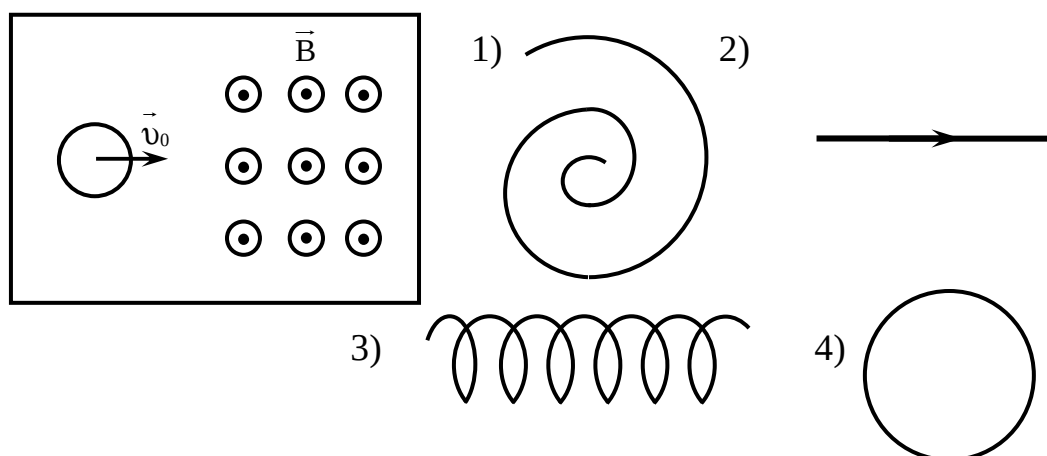


Рис. 372. К задаче 3.1086

Тестовые задания

- 3.1087. Магнитное поле создается...
- 1) Неподвижными электрическими зарядами;
 - 2) Магнитными зарядами;
 - 3) Движущимися электрическими зарядами ;
 - 4) Как движущимися, так и неподвижными электрическими зарядами.
- 3.1088. Траектория полета электрона, влетающего в однородное магнитное поле под углом 90° к линиям магнитной индукции...
- 1) Прямая; 2) Окружность; 3) Парабола; 4) Винтовая линия.
- 3.1089. Траектория полета протона, влетающего в однородное магнитное поле параллельно линиям магнитной индукции...
- 1) Прямая; 2) Окружность; 3) Парабола; 4) Винтовая линия.
- 3.1090. Траектория полета α -частицы, влетающей в однородное магнитное поле под углом 45° к линиям магнитной индукции...
- 1) Прямая; 2) Окружность; 3) Парабола; 4) Винтовая линия.
- 3.1091. Закончите утверждение:

- А) Отклонение магнитной стрелки вблизи проводника говорит ...
 Б) Поворот магнитной стрелки вблизи проводника в противоположную сторону говорит ...
 В) Изменение угла отклонения магнитной стрелки вблизи проводника говорит ...
- 1) о существовании вокруг проводника электрического поля;
 - 2) о существовании вокруг проводника магнитного поля;
 - 3) об изменении в проводнике силы тока;
 - 4) об изменении в проводнике направления тока.

3.1092. Закончите утверждение:

- А) Место на магните, где его поле является наиболее сильным, ...
 Б) Сторона стрелки, указывающая на южный магнитный полюс Земли, ...
 В) Магнитный полюс Земли, расположенный вблизи Северного полюса, ...
- 1) является северным магнитным полюсом;
 - 2) называется силовой линией магнитного поля;
 - 3) называется полюсом магнита;
 - 4) является южным магнитным полюсом.

3.1093. Если между полюсами постоянного магнита (рис. 373) поместить прямоугольную рамку с током, то как установится плоскость рамки в магнитном поле?

- 1) перпендикулярно к линии, соединяющей полюсы магнита;
- 2) параллельно к линии, соединяющей полюсы магнита;
- 3) под углом 45° к линии, соединяющей полюсы магнита
- 4) магнитное поле не будет оказывать действие на рамку.

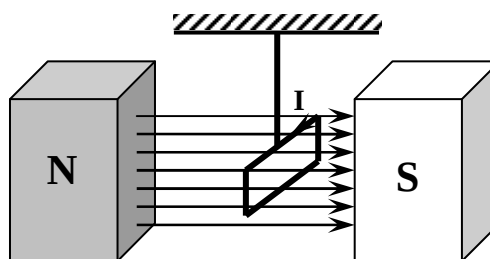


Рис. 373. К задаче 3.1093

3.1094. На рисунке 374 показана картина силовых линий индукции неоднородного магнитного поля. В каком из указанных точек поля (1, 2, 3 или 4) модуль вектора магнитной индукции имеет наибольшее значение?

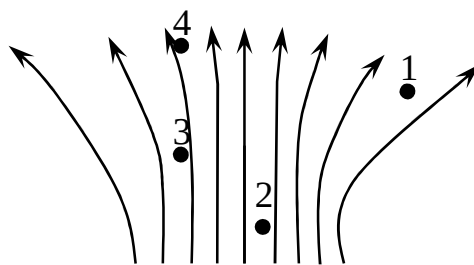


Рис. 374. К задаче 3.1094

3.1095. Электрон $\bar{e}$, влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтально направленную скорость $\vec{v}$, перпендикулярную вектору индукции магнитного поля $\vec{B}$ (рис. 375). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца $\vec{F}_L$?

- 1) вертикально вниз;
- 2) вертикально вверх;
- 3) горизонтально влево;
- 4) горизонтально вправо.

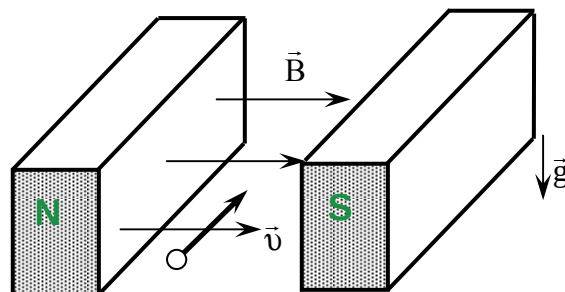


Рис. 375. К задаче 3.1095

3.1096. Проводник массой 20 г и длиной 1 м находится на горизонтальной поверхности, которая помещена в однородное горизонтально направленное магнитное поле с индукцией 20 мТл (рис. 376). Какой ток и какого направления необходимо пропускать через проводник, чтобы сила давления его о стол увеличилась вдвое?

- 1) 0,4 А $\xleftarrow{I}$
- 2) 4 А $\xleftarrow{I}$
- 3) 10 А $\xrightarrow{I}$
- 4) 10 А $\xleftarrow{I}$

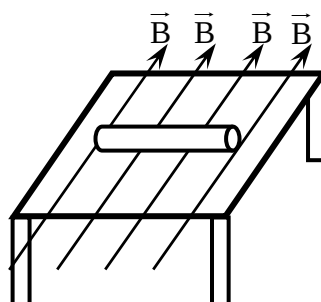


Рис. 376. К задаче 3.1096

3.1097. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 377) отражает зависимость потока магнитной индукции от площади контура внесенного в магнитное поле, если вектор магнитной индукции направлен вдоль плоскости контура?

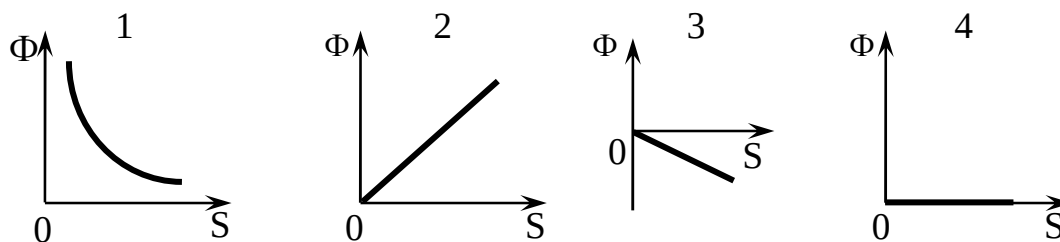


Рис. 377. К задаче 3.1097

3.1098. В проводнике, движущемся в магнитном поле, возникает ток (рис. 378). В каком из нижеприведенных направлений движется этот проводник?

- 1) $\vec{v}$ ←
- 2) $\vec{v}$ ↓
- 3) $\vec{v}$ ↑
- 4) $\vec{v}$ ↘

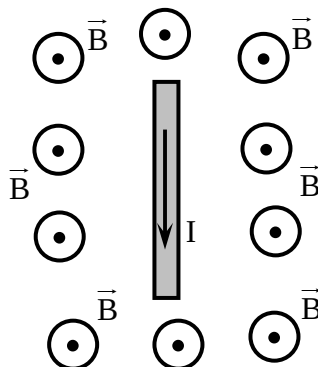


Рис. 378. К задаче 3.1098

3.1099. Электрон $\bar{e}$, влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтальную скорость $\vec{v}$, перпендикулярную вектору индукции магнитного поля $\vec{B}$ (рис. 379). Куда направлена действующая на него сила Лоренца $\vec{F}_L$?

- 1) к нам;
- 2) от нас;
- 3) горизонтально вправо;
- 4) вертикально вверх.

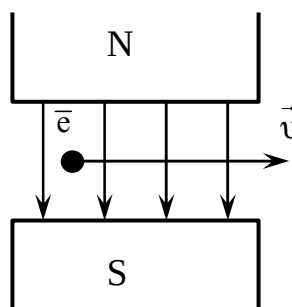


Рис. 379. К задаче 3.1099

3.1100. Электрическая цепь, состоящая из четырех прямолинейных горизонтальных проводников (1–2; 2–3; 3–4; 4–1) и источника постоянного тока. Находящегося в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен горизонтально вверх (рис. 380, вид сверху). Куда направлена, вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 1–4?

- 1) вертикально вверх;
- 2) вертикально вниз;
- 3) горизонтально вправо;
- 4) горизонтально влево.

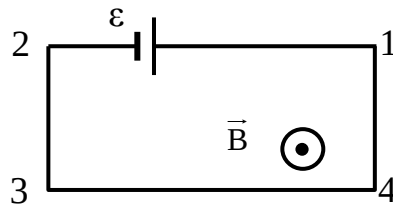


Рис. 380. К задаче 3.1100

3.1101. По проводнику течет ток (рис. 381). Укажите направление вектора индукции магнитного поля $\vec{B}$ в точке A?

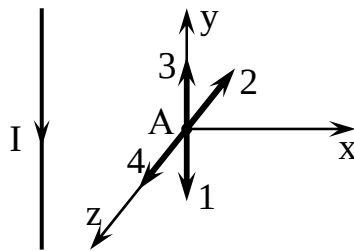


Рис. 381. К задаче 3.1101

3.1102. Укажите направление силы Ампера (рис. 382)?

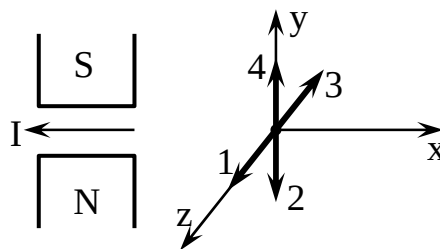


Рис. 382. К задаче 3.1102

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

3.1103. Проводник длиной 0,15 м с током 8 А перпендикулярен вектору индукции магнитного поля, модуль которого 4 Тл. Найти перемещение проводника в направлении силы Ампера, если при этом совершается работа 0,12 Дж.

3.1104. Плоская прямоугольная катушка из 200 витков со сторонами 10 и 5 см находится в однородном магнитном поле индукцией 0,05 Тл.

- Какой максимальный вращающий момент может действовать на катушку в этом поле, если сила тока в катушке 2 А?
- 3.1105. В направлении, перпендикулярном линиям индукции, влетает в магнитное поле электрон со скоростью 10^7 м/с. Найти индукцию поля, если электрон описал в поле окружность радиусом 1 см.
- 3.1106. Найти кинетическую энергию протона, движущегося по дуге окружности радиусом 60 см в магнитном поле с индукцией 1 Тл. Ответ дать в электрон-вольтах.
- 3.1107. α -частица, кинетическая энергия которой 500 эВ, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное к направлению её движения. Индукция магнитного поля 0,1 Тл. Найти силу, действующую на α -частицу, радиус окружности по которой она движется и период обращения.
- 3.1108. Протон в магнитном поле индукцией 20 мТл описывает окружность радиусом 40 см. Найти импульс протона и его кинетическую энергию.

Уровень В

- 3.1109. По двум параллельным длинным проводникам, находящимся на расстоянии 5 см друг от друга в вакууме, текут токи по 10 А в каждом. Определите индукцию магнитного поля, создаваемого токами в точке, лежащей посередине между проводниками для случаев: а) токи параллельны и направлены в одну сторону; б) токи параллельны и направлены противоположно друг другу.
- 3.1110. Из проволоки длиной 20 см сделаны квадратный и круговой контуры. Найти вращающие моменты сил, действующие на каждый контур, помещённый в однородное магнитное поле индукцией 0,1 Тл. По контурам течёт ток 2 А. Плоскость каждого контура составляет угол 45° с направлением поля.
- 3.1111. Два кольцевых проводника с токами 1 А и 2 А расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 383). Радиусы колец 4 см каждого. Определить индукцию результирующего магнитного поля в центре этих колец. Среда – воздух.

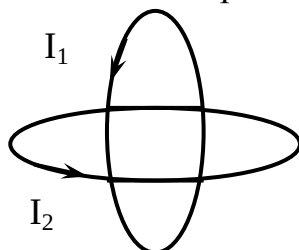


Рис. 383. К задаче 3.1111

- 3.1112. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 1000 В, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное к направлению его движения. Индукция магнитного поля равна $1,19 \cdot 10^{-3}$ Тл. Найдите: 1) радиус кривизны траектории электрона; 2) период обращения его по окружности.
- 3.1113. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U=500$ В, попал в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,0015$ Тл. Определить радиус кривизны траектории R и частоту ν обращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости перпендикулярен линиям поля.
- 3.1114. Электрон, обладающий скоростью $v=2 \cdot 10^6$ м/с, влетел в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,57 \cdot 10^{-3}$ Тл под углом $\alpha = 30^\circ$ к направлению линий поля. Определите радиус R и шаг h винтовой линии, по которой движется электрон.
- 3.1115. Какой должна быть индукция магнитного поля $\vec{B}$, чтобы электрон со скоростью v вращался вокруг закреплённого положительного заряда q по окружности радиуса r ?
- 3.1116. Области магнитного и электрических полей разделены некоторой проницаемой для электронов плоскостью. В верхней части – однородное магнитное поле $\vec{B}$, параллельное плоскости раздела, в нижней – электрическое поле $\vec{E}$, перпендикулярное плоскости раздела. В электрическое поле на расстоянии l от плоскости помещают частицу с зарядом q и массой m . Нарисуйте траекторию частицы. Найдите среднюю скорость движения частицы вдоль границы за длительное время (скорость дрейфа).

3.4.7. Электромагнитная индукция

Качественные и графические задачи

- 3.1117. В вертикальной плоскости подвешено на нити медное кольцо. Сквозь него в горизонтальном направлении вдвигают один раз железный стержень, а другой раз магнит (рис. 384). Повлияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?

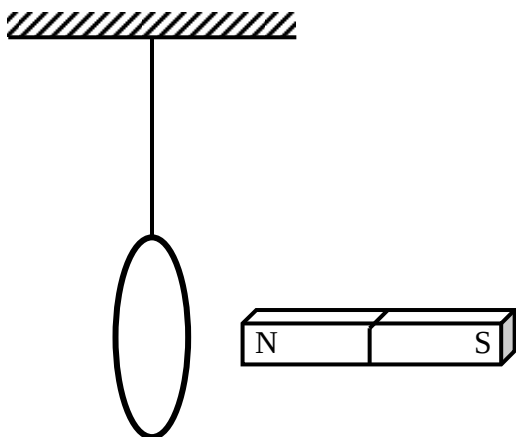


Рис. 384. К задаче 3.1117

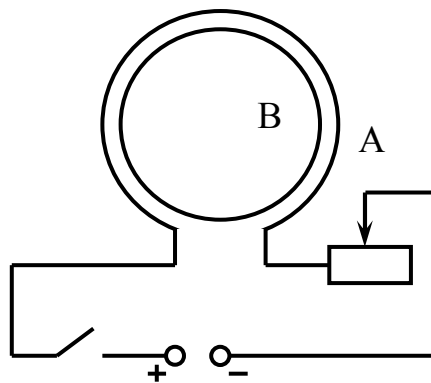


Рис. 385. К задаче 3.1118

- 3.1118. Найти направление индукционного тока, возникающего в витке В (рис. 385), если в цепи витка А ключ замыкают и если ключ размыкают. Указать направление индукционного тока, если при замкнутом ключе скользящий контакт реостата передвигают вправо; влево.
- 3.1119. Укажите направление индукционного тока (на участке АВ) в каждом из представленных на рисунке 386 случаях.

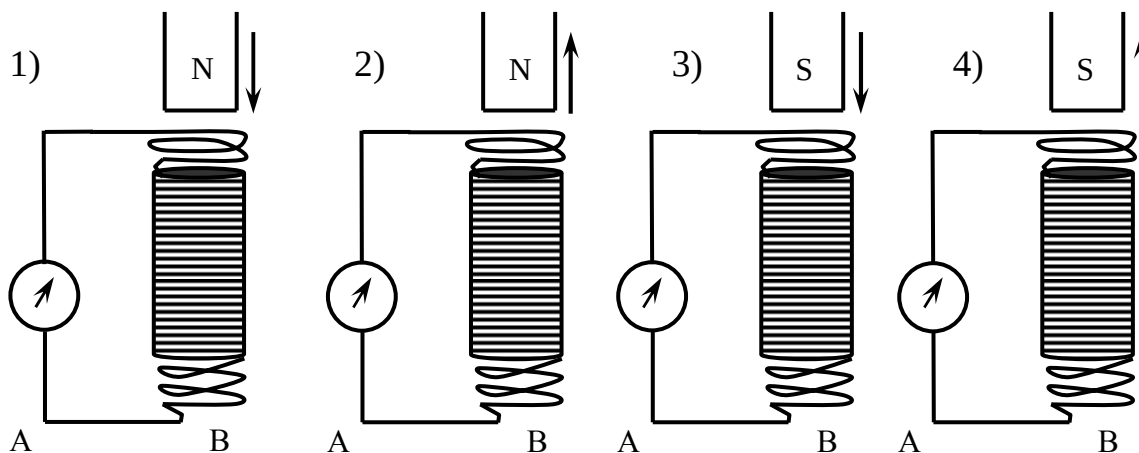


Рис. 386. К задаче 3.1119

3.1120. Прямой постоянный магнит падает сквозь металлическое кольцо (рис. 387). Будет ли магнит падать с ускорением свободного падения? Ответ обосновать.

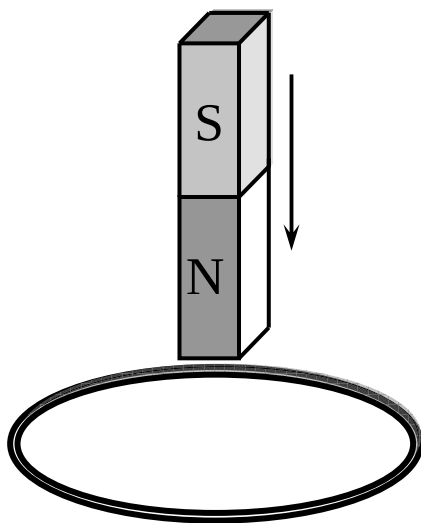


Рис. 387. К задаче 3.1120

3.1121. На рисунке 388 изображен участок (сечение) замкнутого контура. Определить направление индукционного тока.

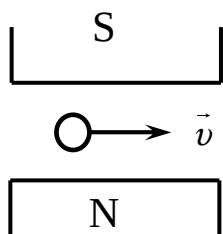


Рис. 388. К задаче 3.1121

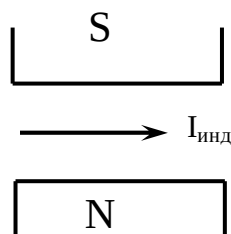


Рис. 389. К задаче 3.1122

3.1123. Определить полюса магнита (рис. 390).

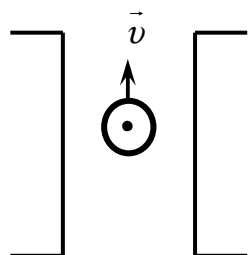


Рис. 390. К задаче 3.1123

3.1124. Определить направление тока во вращающемся в магнитном поле проводнике (рис. 391).

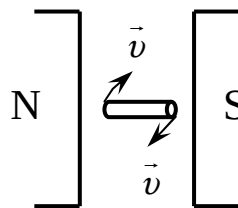


Рис. 391. К задаче 3.1124

3.1125. Определить направление движения замкнутого контура (рис. 392).

3.1126. Определить направление движения замкнутого контура (рис. 393).

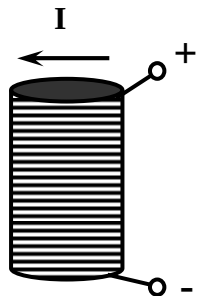


Рис. 392. К задаче 3.1125

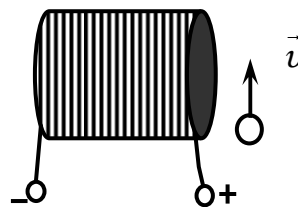


Рис. 393. К задаче 3.1126

3.1127. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 394) отражает зависимость индуктивности данного контура от силы тока в нем?

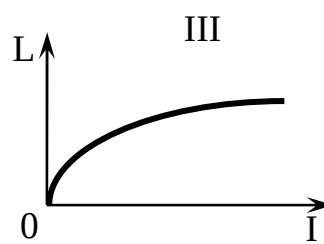
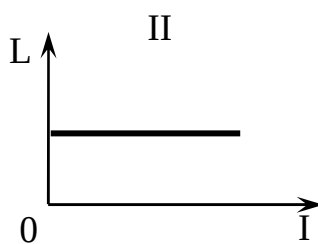
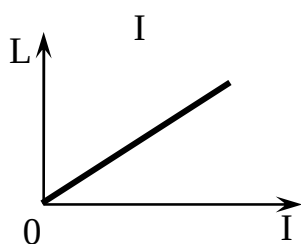


Рис. 394. К задаче 3.1127

Тестовые задания

3.1128. Явление электромагнитной индукции было открыто

- 1) Максвеллом;
- 2) Ампером;
- 3) Фарадеем;
- 4) Эрстедом.

3.1129. Как называется единица измерения магнитного потока?

- 1) Тесла;
- 2) Вебер;
- 3) Генри;
- 4) Фарад.

3.1130. На каком рисунке (1, 2, 3 или 4) (рис. 395) правильно изображена зависимость величины ЭДС индукции, возникающая в прово-

дующем контуре, от модуля скорости изменения магнитного потока

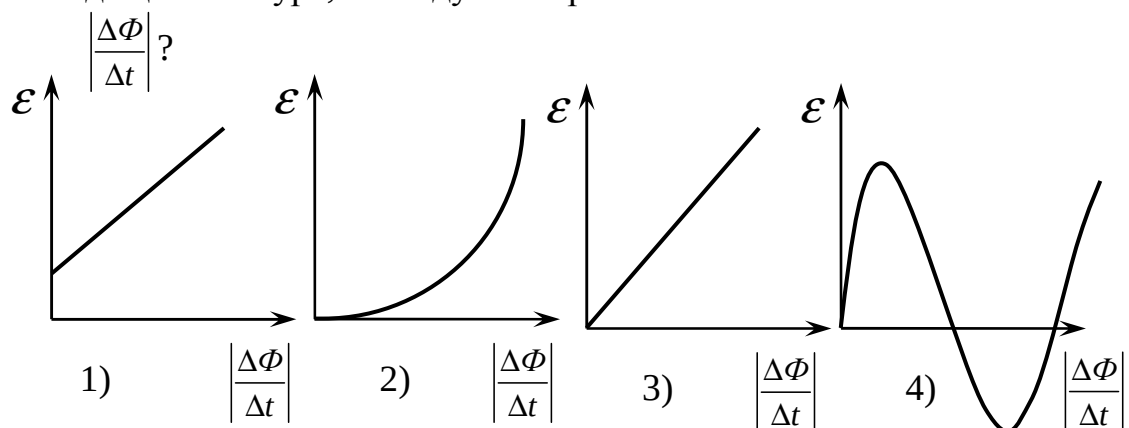


Рис. 395. К задаче 3.1130

3.1131. На рисунке 396 показаны два способа вращения рамки в однородном магнитном поле. Ток в рамке

- 1) возникает в обоих случаях;
- 2) не возникает ни в одном из случаев;
- 3) возникает только в первом случае;
- 4) возникает только во втором случае.

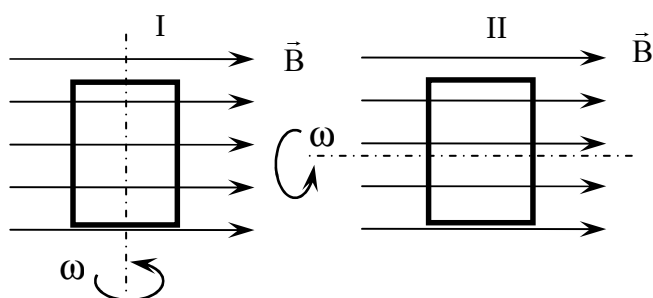


Рис. 396. К задаче 3.1131

3.1132. На рисунке 397 приведена демонстрация опыта по проверке правила Ленца. Опыт проводится со сплошным кольцом, а не разрезанным, потому что:

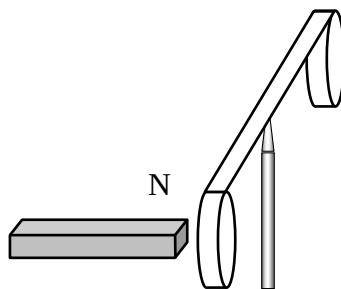


Рис. 397. К задаче 3.1132

- 1) сплошное кольцо сделано из стали, а разрезанное – из алюминия;
- 2) в сплошном кольце не возникает вихревое электрическое поле, а в разрезанном – возникает;
- 3) в сплошном кольце возникает индукционный ток, а в разрезанном – нет;
- 4) в сплошном кольце возникает ЭДС индукции, а в разрезанном – нет.

3.1133. Плоский прямоугольный контур (рис. 398, вид сверху) находится в магнитном поле, которое со временем уменьшается по абсолютной величине. Как направлен индукционный ток на участках 1–2 и 3–4?

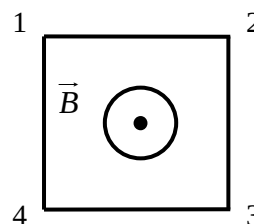


Рис. 398. К задаче 3.1133

- 1) от 1 к 2 и от 4 к 3;
- 2) от 2 к 1 и от 3 к 4;
- 3) от 1 к 2 и от 3 к 4;
- 4) от 2 к 1 и от 4 к 3.

3.1134. Два проводника, по одному из которых течет ток двигаются так, как показано на рисунке 399. Какое из нижеприведенных выражений является справедливым?

- 1) Проводники притягиваются; ток возникающий во втором проводнике направлен против движения часовой стрелки.
- 2) Проводники притягиваются; ток возникающий во втором проводнике по направлению движения часовой стрелки.
- 3) Проводники отталкиваются; ток возникающий во втором проводнике направлен против движения часовой стрелки.
- 4) Проводники отталкиваются; ток возникающий во втором проводнике направлен по направлению движения часовой стрелки.

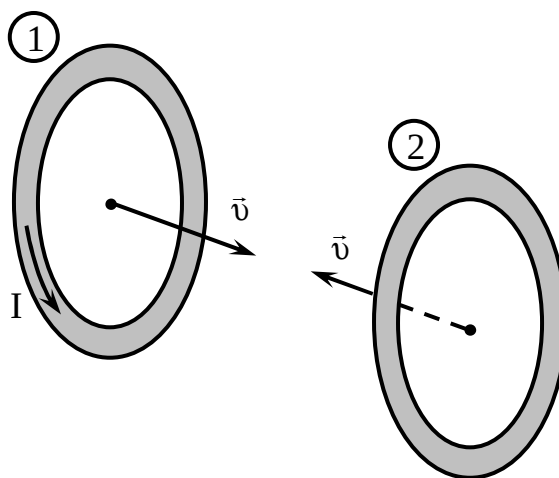


Рис. 399. К задаче 3.1134

3.1135. Если магнитный поток, пронизывающий виток, изменяется с течением времени, как показано на рисунке 400, то модуль величины ЭДС, индуцирующейся в витке минимален на интервале времени

- 1) 0–2 с;
- 2) 3–5 с;
- 3) 2–5 с;
- 4) 7–10 с.

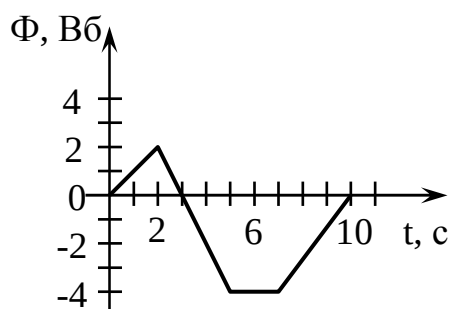


Рис. 400. К задаче 3.1135

3.1136. Поток магнитной индукции изменяется с течением времени так, как показано на рисунке 401. В каком из нижеприведенных интервалах времени возникающая ЭДС индукции принимает наименьшее значение?

- 1) $(0; t_1)$; 2) $(t_1; t_2)$; 3) $(t_2; t_3)$; 4) $(t_3; t_4)$.

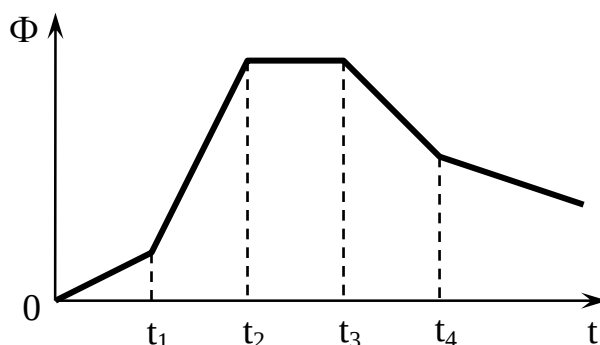


Рис. 401. К задаче 3.1136

3.1137. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой потоки магнитной индукции пронизывающие контуры изображенные на рисунке 402, если их площади одинаковы?

- 1) $\Phi_1 > \Phi_2 > \Phi_3$;
- 2) $\Phi_1 < \Phi_2 < \Phi_3$;
- 3) $\Phi_1 > \Phi_3 > \Phi_2$;
- 4) $\Phi_1 < \Phi_3 < \Phi_2$.

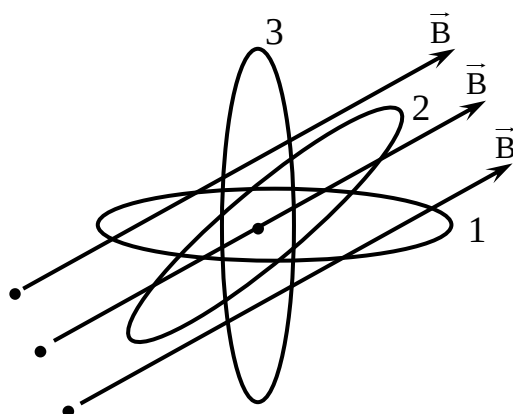


Рис. 402. К задаче 3.1137

3.1138. Контур ABCD находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого направлены перпендикулярно плоскости чертежа от наблюдателя (рис. 403). Магнитный поток через контур будет меняться, если контур

- 1) движется в направлении от наблюдателя;
- 2) движется в направлении к наблюдателю;
- 3) поворачивается вокруг стороны AB;
- 4) движется в плоскости рисунка.

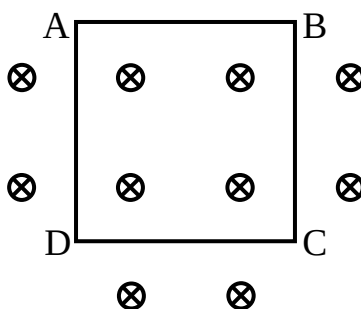


Рис. 403. К задаче 3.1138

3.1139. На рисунке 404 показана проволочная квадратная рамка со стороной $a = 10$ см, находящаяся в однородном магнитном поле, индукция которого $B = 0,5$ Тл. Плоскость рамки перпендикулярна силовым линиям магнитного поля. При повороте рамки на 180° относительно горизонтальной оси, магнитный поток через рамку меняется на величину равную

- 1) 10 мВб;
- 2) 15 мВб;
- 3) 20 мВб;
- 4) 50 мВб.

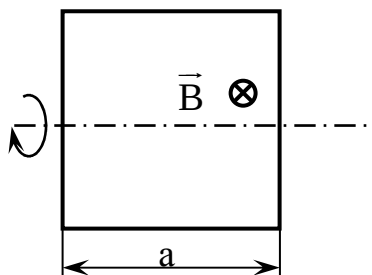


Рис. 404. К задаче 3.1139

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.1140. Определить индуктивность рамки, если при силе тока 3 А в ней возникает магнитный поток 600 мВб.
- 3.1141. Определить величину ЭДС самоиндукции в контуре с индуктивностью 0,1 Гн, если ток равномерно изменяется на 5 А за 0,1 с.
- 3.1142. Какова индукция поля, если на площадку 100 см^2 , расположенную под углом 60° к линиям поля, пронизывает магнитный поток величиной $5,7 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$.
- 3.1143. Какова индуктивность катушки, если при равномерном изменении в ней тока от 5 до 10 А за 0,1 с возникает ЭДС самоиндукции, равная 20 В?

Уровень В

- 3.1144. В однородном магнитном поле, напряжённость которого $8 \cdot 10^4 \text{ А/м}$, находится плоский виток площадью 10^{-3} м^2 . Виток расположен перпендикулярно силовым линиям. Сопротивление витка 1 Ом. Какой заряд потечёт по витку, если поле исчезнет? Магнитное поле убывает с постоянной скоростью.
- 3.1145. В магнитном поле индукцией 0,1 Тл помещён контур, выполненный в форме кругового витка радиусом 3,4 см. Виток сделан из медной проволоки, площадь поперечного сечения которой 1 мм^2 . Нормаль к плоскости витка совпадает с линиями индукции поля. Какой заряд пройдёт через поперечное сечение витка при исчезновении поля?
- 3.1146. С какой скоростью должен двигаться проводник длиной 10 см перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля, магнитная индукция которого 0,2 Тл, чтобы между концами про-

водника возникла разность потенциалов 0,01 В (рис. 405); вектор $\vec{v}$ направлен под углом $\varphi = 30^\circ$ к самому проводнику.

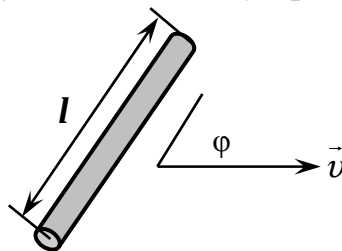


Рис. 405. К задаче 3.1146

- 3.1147. Кусок провода длиной 1 м складывается вдвое и его концы замыкаются. Затем провод растягивается в квадрат, плоскость которого перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля с индукцией 0,1 Тл. Какой заряд пройдёт через поперечное сечение провода, если его сопротивление 10 Ом?
- 3.1148. Кольцо радиусом 10 см из тонкой проволоки с сопротивлением 0,01 Ом находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого пересекают кольцо под углом 60° . За какое время в кольце выделится количество теплоты 555 мкДж, если магнитная индукция возрастает со скоростью 0,05 Тл/с?
- 3.1149. На соленоид длиной 20 см и площадью поперечного сечения 30 см^2 надет проволоочный виток. Обмотка соленоида имеет 320 витков, и по нему идёт ток 3 А. Какая средняя ЭДС индуцируется в надетом на соленоид витке, когда ток в соленоиде выключается в течение времени 1 мс?
- 3.1150. Через катушку индуктивность которой 21 мГн, течёт ток, изменяющийся со временем по закону $I = I_0 \cdot \sin \omega t$, где $I_0 = 5 \text{ А}$, $T = 0,02 \text{ с}$. Найти зависимость от времени: а) ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке; б) энергии магнитного поля катушки.
- 3.1151. Из какого числа витков проволоки состоит однослойная обмотка катушки, индуктивность которой 10^{-3} Гн . Диаметр катушки 4 см, диаметр проволоки 0,6 мм. Витки плотно прилегают друг к другу.

3.4.8. Электромагнитные колебания и волны. Переменный ток

Качественные и графические задачи

- 3.1152. Могут ли в контуре, состоящем из конденсатора и активного сопротивления возникнуть свободные колебания?
- 3.1153. Какова энергия конденсатора в колебательном контуре в момент максимумов тока в катушке в случае, когда сопротивление ничтожно мало?
- 3.1154. Где сосредоточена энергия при свободных колебаниях в колебательном контуре через $1/8$, $1/4$, $1/2$, $3/4$ периода после начала разряда конденсатора?
- 3.1155. По графику (рис. 406) найти амплитудное значение переменной ЭДС, её период и частоту. Записать формулу $\varepsilon(t)$. Чему равно действующее значение ЭДС?
- 3.1156. По графику (рис. 407) найти амплитудное значение силы тока, период и частоту. Записать формулу $i(t)$. Чему равно действующее значение силы тока?
- 3.1157. По графику (рис. 408) найти амплитудное значение напряжения, период и частоту. Записать формулу $u(t)$. Чему равно действующее значение напряжения?

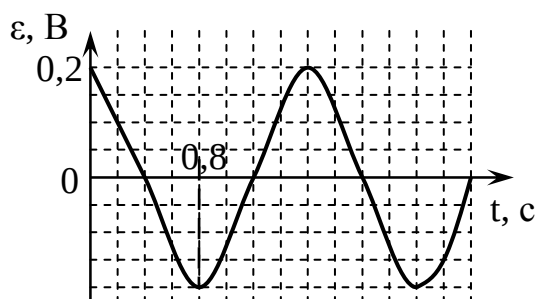


Рис. 406. К задаче 3.1155

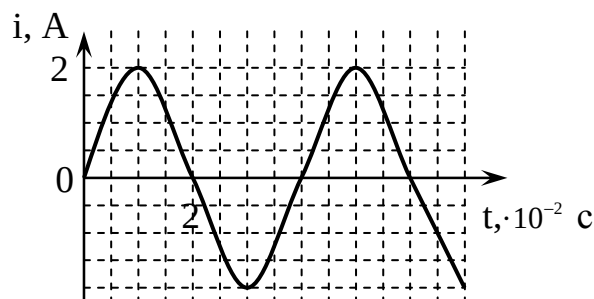


Рис. 407. К задаче 3.1156

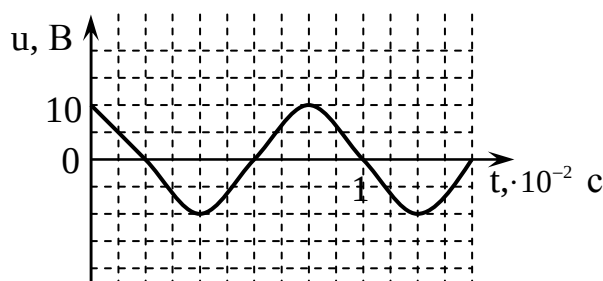


Рис. 408. К задаче 3.1157

- 3.1158. Как изменится частота электромагнитных колебаний в закрытом колебательном контуре, если в катушку его ввести железный стержень? Если увеличить расстояние между пластинами конденсатора?
- 3.1159. Можно ли на катушку трансформатора подавать постоянный ток такого напряжения, как и переменный? Почему?
- 3.1160. Почему трансформатор выходит из строя, когда в нём замыкаются на короткое время хотя бы два соседних витка?
- 3.1161. Чему равно индуктивное сопротивление катушки, включенной в цепь постоянного тока?
- 3.1162. Чему равно емкостное сопротивление конденсатора, включенного в цепь постоянного тока?
- 3.1163. В осветительную сеть последовательно включены лампа и конденсатор (рис. 409), как изменится ток в лампе, если подключить еще один такой же конденсатор параллельно первому.
1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

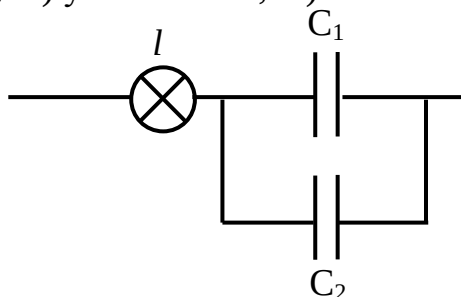


Рис. 409. К задаче 3.1163

Тестовые задания

- 3.1164. Какой вид электромагнитного излучения соответствует диапазону длин волн от 1 мкм до 5 мкм?
1) Инфракрасное излучение;
2) Ультрафиолетовое излучение;
3) Радиоволны;
4) Видимый глазом свет.
- 3.1165. Какое из приведённых ниже утверждений противоречит современной электродинамике?
1) В электромагнитной волне электрическое и магнитное поля тесно связаны друг с другом;
2) Электрическое поле существует везде, где меняется магнитное поле;

- 3) В электромагнитной волне, распространяющейся в вакууме, можно ослабить электрическое поле, оставив магнитное прежним;
- 4) Электромагнитные волны могут существовать в пространстве, где нет электрических зарядов.
- 3.1166. Передатчик радиостанции работает на частоте 75 МГц. Длина электромагнитных волн, излучаемых антенной радиостанции равна ...
- 1) 15 м; 2) 25 м; 3) 3 м; 4) 4 м.
- 3.1167. Радиосвязь на коротких волнах может осуществляться на Земле за пределами прямой видимости в результате:
- 1) дифракции волн;
- 2) отражения от ионосферы и поверхности Земли;
- 3) отражения от Луны;
- 4) интерференции волн.
- 3.1168. Если объёмная плотность энергии, переносимой электромагнитной волной, $5 \cdot 10^{-11} \text{ Дж/м}^3$, то плотность потока электромагнитного излучения равна:
- 1) 10 мВт/м^2 ;
- 2) 12 мВт/м^2 ;
- 3) 15 мВт/м^2 ;
- 4) 20 мВт/м^2 .
- 3.1169. Помещая перед антенной генератора электромагнитных волн металлический лист, можно получить стоячую волну. Если расстояние между соседними пучностями стоячей электромагнитной волны 60 см, то генератор работает на частоте
- 1) 150 МГц;
- 2) 200 МГц;
- 3) 250 МГц;
- 4) 300 МГц.
- 3.1170. Какое значение силы тока покажет амперметр, если амплитудное значение переменного тока в цепи равно 14,1 А?
- 1) 14,1 А;
- 2) 10 А;
- 3) 28,2 А;
- 4) 7 А.
- 3.1171. По какому закону изменяется переменный ток, график которого изображен на рисунке 410?
- 1) $I = 0,5 \cos 0,4t$;
- 2) $I = 0,5 \sin 5\pi t$;
- 3) $I = \cos 5\pi t$;

4) $I = 0,5 \cos 5\pi t$.

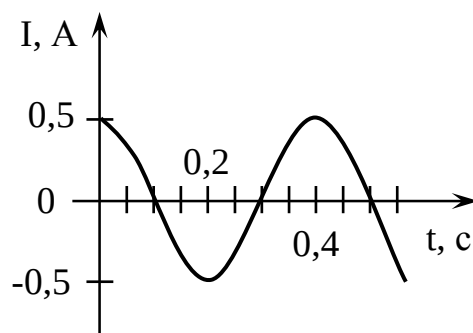


Рис. 410. К задаче 3.1171

Текстовые, расчётные задачи

Уровень А

- 3.1172. Начальный заряд, сообщённый конденсатору колебательного контура, уменьшили в два раза. Во сколько раз изменились: а) амплитуда напряжения; б) амплитуда силы тока; в) суммарная энергия электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки?
- 3.1173. При увеличении напряжения на конденсаторе колебательного контура на 20 В амплитуда силы тока увеличилась в 2 раза. Найти начальное напряжение.
- 3.1174. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 400 пФ и катушки индуктивностью 10 мГн. Найти амплитуду силы тока, если амплитуда колебаний напряжения 500 В.
- 3.1175. Заряд на пластинах конденсатора колебательного контура изменяется со временем в соответствии с уравнением $q = 10^{-6} \cdot \cos 10^4 \pi t$. Записать уравнение зависимости силы тока от времени. Найти период и частоту колебаний в контуре, амплитуду колебаний заряда и амплитуду колебаний силы тока.
- 3.1176. Ёмкость конденсатора колебательного контура 0,4 мкФ, частота собственных колебаний 50 кГц, амплитуда заряда 8 мкКл. Написать уравнения $q = q(t)$, $u = u(t)$, $i = i(t)$. Найти амплитуду напряжения, амплитуду силы тока и индуктивность катушки.
- 3.1177. Через какое время t , считая от начала колебания, энергия электрического поля конденсатора станет равна энергии магнитного поля катушки? Период колебаний в контуре 2 мкс.

- 3.1178. Ёмкость конденсатора в колебательном контуре 50 пФ, частота свободных колебаний 10 МГц. Определить индуктивность катушки.
- 3.1179. Во сколько раз изменится частота собственных колебаний в колебательном контуре, если увеличить ёмкость конденсатора в 25 раз, а индуктивность катушки уменьшить в 16 раз?
- 3.1180. Найти первоначальную ёмкость конденсатора, если известно, что при увеличении ёмкости конденсатора на 0,08 мкФ частота колебаний уменьшилась в 3 раза. Индуктивность катушки осталась прежней.
- 3.1181. Конденсатор включён в цепь переменного тока промышленной частоты. Напряжение в сети 220 В, максимальная сила тока в цепи 4 А. Найти ёмкость конденсатора.
- 3.1182. Катушка индуктивности, активным сопротивлением которой можно пренебречь, включена в цепи переменного тока стандартной частоты. При напряжении 220 В сила тока в ней 2 А. Найти индуктивность катушки.
- 3.1183. В цепь переменного тока с частотой 400 Гц включена катушка индуктивностью 0,1 Гн. Конденсатор какой ёмкости надо включить в эту цепь, чтобы осуществить резонанс?
- 3.1184. Трансформатор, содержащий в первичной обмотке 840 витков, повышает напряжение с 220 до 660 В. Каков коэффициент трансформации? Сколько витков содержится во вторичной обмотке? В какой обмотке провод имеет большую площадь поперечного сечения?
- 3.1185. Коэффициент трансформации повышающего трансформатора 0,1, активное сопротивление его первичной обмотки 10 Ом, а её индуктивное сопротивление 20 Ом. От источника тока на первичную обмотку подано напряжение 20 В. Найти напряжение на вторичной обмотке в режиме холостого хода.
- 3.1186. Радиолокатор испускает 1500 импульсов в секунду. Длительность каждого импульса τ . Определите максимальное расстояние до цели, которую может обнаружить этот локатор. (При регистрации импульсы длительностью менее τ считаются шумами).
- 3.1187. Найти число колебаний, происходящих в электромагнитной волне с длиной волны 400 м, за время равное периоду звуковых колебаний с частотой 1 кГц. Скорость звука 340 м/с.
- 3.1188. Максимальная напряжённость электрического поля радиоволны не должно быть более 5 В/м. Чему равна в этом случае интенсивность электромагнитного излучения?
- 3.1189. Если в катушке индуктивности сила тока изменяется на 2 А за 1,2 с, то в ней возникнет ЭДС самоиндукции 0,64 мВ. На какую

- длину волны будет настроен колебательный контур с этой катушкой, если ёмкость его конденсатора 25 нФ?
- 3.1190. Найти изменение длины волны, воспринимаемой приёмником, если ёмкость конденсатора приёмного контура изменяется от 50 пФ до 500 пФ, а индуктивность катушки 2 мкГн?
- 3.1191. Катушка с индуктивностью 30 мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин $0,01 \text{ м}^2$ и расстоянием между ними 0,1 мм. Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны 750 м.
- 3.1192. Уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре имеет вид $u = 50 \cos 10^4 \pi t$ В. Ёмкость конденсатора 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность контура, закон изменения со временем тока в цепи и длину волны, соответствующую этому контуру.

Уровень В

- 3.1193. Амплитуда напряжения в контуре 100 В, частота колебаний 5 МГц. Через какое время напряжение будет 71 В?
- 3.1194. Сколько витков имеет рамка площадью 500 см^2 , если при вращении её с частотой 20 с^{-1} в однородном магнитном поле индукцией 0,1 Тл амплитудное значение ЭДС равно 63 В?
- 3.1195. Цепь состоит из последовательно соединённых: конденсатора электроёмкостью 2 мкФ, катушки индуктивностью 0,51 Гн и активного сопротивления 100 Ом. К ней подводится переменное напряжение 220 В частотой 50 Гц. Определить действующие значения силы тока в цепи, действующее значение напряжения на отдельных элементах цепи. Рассчитайте, при какой электроёмкости конденсатора наступил бы резонанс. Определите силу тока в цепи и добротность контура при наступлении резонанса.
- 3.1196. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, напряжение на её концах 220 В. Сила тока во вторичной обмотке 11 А, напряжение на её концах 9,5 В. Определить КПД трансформатора.
- 3.1197. Линия электропередачи имеет сопротивление 250 Ом. Какое напряжение должен иметь генератор, если его мощность 25 кВт, а потери не должны превышать 4% мощности генератора? Ответ представит в киловольтах.
- 3.1198. Найти длину излучаемой открытым колебательным контуром электромагнитной волны в воздухе, если известно, что сила тока в контуре изменяется по закону $i = 0,2 \cdot \cos 5 \cdot 10^5 \pi t$.

- 3.1199. На расстоянии 300 м от Останкинской башни плотность потока электромагнитного излучения (интенсивность) максимальна и равна 40 мВт/м^2 . Найти плотность потока излучения на расстоянии уверенного приёма равного 120 км.
- 3.1200. Мощность импульса радиолокационной станции 100 кВт. Найти максимальную напряжённость электрического поля волны в точке, где площадь поперечного сечения конуса излучения $2,3 \text{ км}^2$.
- 3.1201. Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 20 включен в цепь с напряжением 127 В. Вторичная обмотка подключена к прибору, через который течёт ток 700 мА. Сопротивление вторичной обмотки 1 Ом, КПД трансформатора 90%. Определить сопротивление прибора.
- 3.1202. Какой диаметр должен иметь медный провод для линии электропередачи длиной 1000 км при температуре 220 В, если нужно передать мощность 2,0 ГВт? Считать, что потери на нагревание проводов составляют 10% от передаваемой мощности. Коэффициент мощности равен 0,87. Разумно ли строить такую ЛЭП?
- 3.1203. Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной и изотропной среде с $\epsilon = 2$ и $\mu = 1$. Амплитуда напряженности электрического поле волны $E_0 = 12 \text{ В/м}$. Определите: 1) фазовую скорость волны; 2) амплитуду напряженности магнитного поля волны.
- 3.1204. В вакууме вдоль оси x распространяется плоская электромагнитная волна и падает перпендикулярно к поверхности тела, полностью ее поглощающего? Определите давление, оказываемое волной на тело, если амплитуда электрического поля электромагнитной волны равна $1,5 \text{ В/м}$.

3.5. Оптика

3.5.1. Законы геометрической оптики

Качественные и графические задачи

- 3.1205. Как получить от одной и той же палки тень разной длины?
- 3.1206. Может ли человек бежать быстрее своей тени?
- 3.1207. Если на лист бумаги попадает масло, то можно прочесть текст, написанный на обратной стороне листа. Дайте объяснение этому явлению.
- 3.1208. Почему снег и туман непрозрачны, хотя вода прозрачна?
- 3.1209. Луч падает на зеркало перпендикулярно. На какой угол отклонится отраженный луч от падающего, если зеркало повернуть на угол α ?
- 3.1210. Можно ли в воде глубокого колодца увидеть отражение Солнца?
- 3.1211. При каком условии плоское зеркало может дать действительное изображение?
- 3.1212. Если поверхность воды колеблется, то изображения предметов в воде принимают причудливые формы. Почему?
- 3.1213. Человек приближается к зеркалу со скоростью 1 м/с. С какой скоростью он приближается к своему изображению?
- 3.1214. Как с помощью двух плоских зеркал можно увидеть свой затылок?
- 3.1215. Луч прожектора хорошо виден в тумане, а хуже в ясную погоду. Почему?
- 3.1216. Какой наименьшей высоты должно быть вертикальное зеркало, чтобы можно было видеть в нем себя во весь рост?
- 3.1217. Зимой, когда земля покрыта снегом, лунные ночи бывают светлее, чем летом. Почему?
- 3.1218. Неровности дороги днем видны хуже, чем ночью при освещении дороги фарами автомобиля. Почему?
- 3.1219. Почему, находясь в лодке, трудно попасть копьем в рыбу, плавающую невдалеке?
- 3.1220. Любой водоем, дно которого хорошо видно, всегда кажется мельче, чем в действительности. Почему?
- 3.1221. Почему изображение предмета в воде всегда менее ярко, чем сам предмет?
- 3.1222. Чем объяснить мерцание звезд?

- 3.1223. Как сказывается на ходе луча, падающего в атмосферу Земли из космоса, то, что с приближением к Земле увеличивается оптическая плотность воздуха?
- 3.1224. Для освещения комнаты лучше использовать электрическую лампочку с матовым баллоном. Почему?
- 3.1225. В зеркале из толстого стекла видно одно яркое и несколько бледных изображений свечи. Почему?
- 3.1226. Параллельные монохроматические лучи падают на треугольную призму. Останутся ли они параллельными, если пройдут сквозь призму?
- 3.1227. Почему ночью при вспышке молнии движущиеся предметы кажутся как бы остановившимися?
- 3.1228. Светящаяся точка находится между двумя плоскими параллельными друг другу зеркалами. Сколько изображений светящейся точки будет в зеркалах?
- 3.1229. Почему, сидя у горящего костра, мы видим предметы, расположенные по другую сторону костра, колеблющимися?
- 3.1230. Чем объясняется блеск драгоценных камней.
- 3.1231. В каких случаях угол падения равен углу преломления?
- 3.1232. Как необходимо расположить два плоских зеркала, чтобы при любом угле падения луч, падающий и луч, последовательно отраженный от двух зеркал, были последовательны друг другу.
- 3.1233. Где за ширмой (рис. 411) находится плоское зеркало, а где треугольная призма? Сделать пояснительные чертежи, указав ход лучей за ширмой.

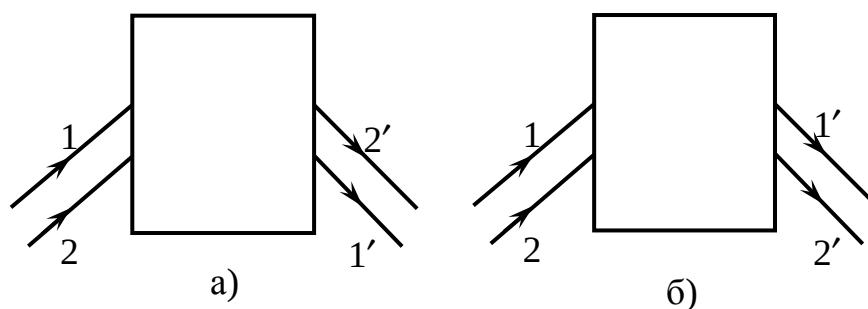


Рис. 411. К задаче 3.1233

- 3.1234. В некоторый момент времени во время солнечного затмения край Солнца, край Луны и глаз наблюдателя находятся на одной прямой. Как скоро после этого наблюдатель увидит первые солнечные лучи?
- 3.1235. Почему окна домов днем кажутся темными, т.е. темнее наружных стен, даже если стены выкрашены темной краской?

- 3.1236. Почему у кошки в темноте светятся глаза?
- 3.1237. На дне сосуда с водой находится источник света. Начертите дальнейший ход лучей, падающих в точки А и В от источника (рис. 412).
- 3.1238. Почему сухой песок светлый, а влажный кажется темным?
- 3.1239. Для лучшего видения под водой используются очки из сильно преломляющего стекла. Помогут ли такие очки пловцу, если они надеты под маской со стеклом, герметически закрывающей лицо пловца?

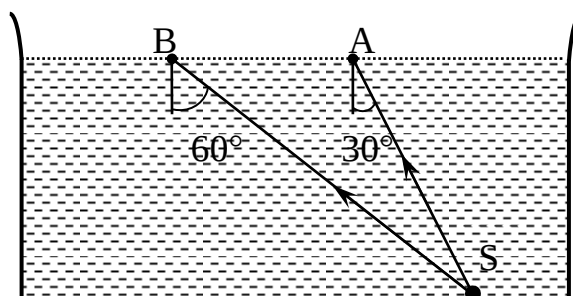


Рис. 412. К задаче 3.1237

- 3.1240. В таблице 21 указаны углы преломления лучей белого света разных длин волн, падающих на стеклянную пластинку под углом 45° . Построить график зависимости показателя преломления материала пластинки от длины волны.

Таблица 21

λ , нм	759	687	589	486	397
ν	$24^\circ 2'$	$23^\circ 57'$	$23^\circ 47'$	$23^\circ 27'$	$22^\circ 57'$

Тестовые задания

- 3.1241. На каком из приведенных рисунков 413 (1, 2, 3 или 4) правильно построено изображение предмета ab , получаемое в плоском зеркале?
- 3.1242. Если расстояние от плоского зеркала до предмета равно 10 см, то расстояние от этого предмета до его изображения в зеркале равно
 1) 5 см; 2) 10 см; 3) 20 см; 4) 30 см.

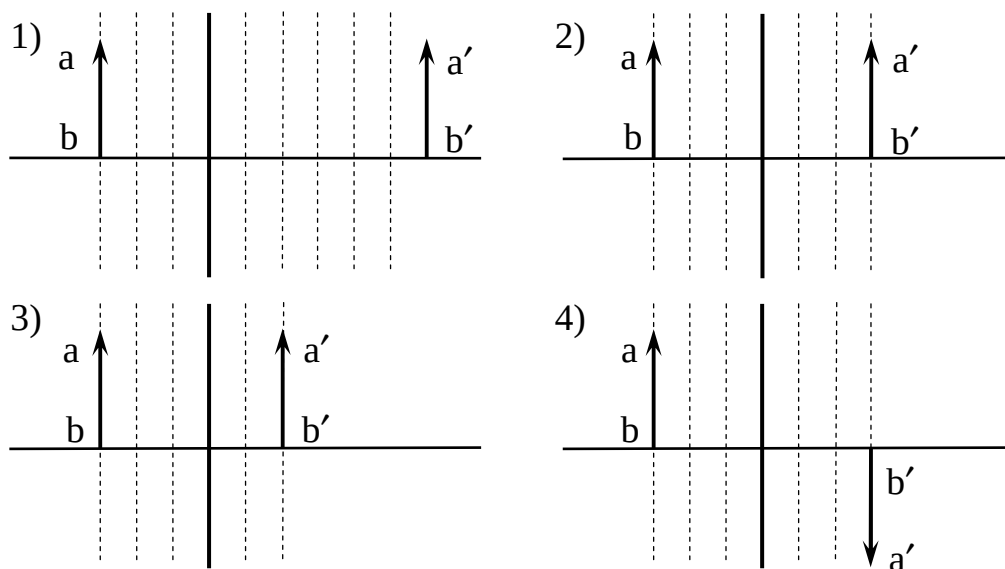


Рис. 413. К задаче 3.1241

3.1243. Два плоских зеркала $З_1$ и $З_2$ расположены параллельно друг другу перпендикулярно плоскости рисунка. Луч света падает на первое зеркало $З_1$ под некоторым углом α (рис. 414). Как будет расположен отраженный от второго зеркала $З_2$ луч по отношению к лучу, падающему на первое зеркало?

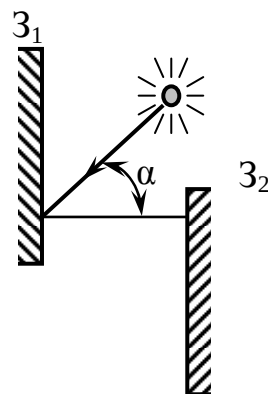


Рис. 414. К задаче 3.1243

- 1) параллелен падающему и направлен в ту же сторону;
- 2) составляет угол α с падающим лучом и направлен в ту же сторону;
- 3) составляет угол 2α с падающим лучом и направлен в ту же сторону;
- 4) перпендикулярен падающему лучу и направлен в ту же сторону.

3.1244. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол между падающим и отраженным лучами, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке 415?

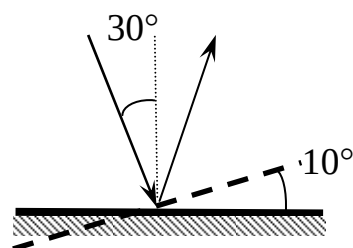


Рис. 415. К задаче 3.1244

- 1) 80° ;
- 2) 60° ;
- 3) 40° ;
- 4) 20° .

3.1245. На сколько клеток и в каком направлении можно переместить точку А (рис. 416), чтобы изображение стрелки в зеркале было видно из этой точки полностью?

- 1) на 2 клетки вверх;
- 2) на 4 клетки вправо;
- 3) на 2 клетки вниз;
- 4) на 2 клетки вправо.

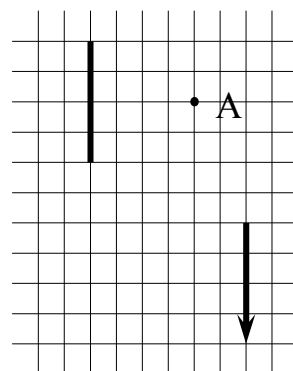


Рис. 416. К задаче 3.1245

3.1246. Угол, который составляет падающий луч света с поверхностью плоского зеркала, в два раза больше угла падения. На сколько изменится угол между падающим и отраженными лучами, если угол падения уменьшится на 10° ?

- 1) 10° ;
- 2) 20° ;
- 3) 30° ;
- 4) 60° .

3.1247. Солнце находится над горизонтом на высоте 45° . Определить длину тени, которую отбрасывает вертикально стоящий столб высотой 1 м.

- 1) 1 м;
- 2) $\sqrt{2}$ м;
- 3) $2\sqrt{2}$ м;
- 4) $\sqrt{2}/2$ м.

3.1248. Телеграфный столб высотой $3\sqrt{3}$ м образует на горизонтальной поверхности тень, размер которой 3 м. Определить угловую высоту Солнца.

- 1) 60° ;
- 2) 45° ;
- 3) 30° ;
- 4) $\arcsin \sqrt{3}$.

3.1249. После отражения в вогнутом сферическом зеркале (рис. 417) луч ближе всего пойдет к направлению

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) 4.

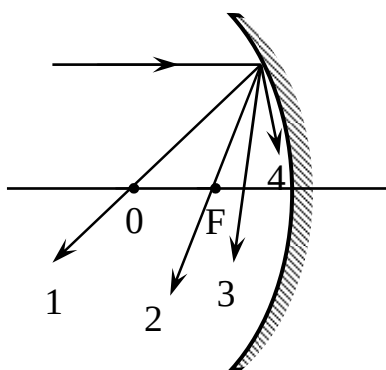


Рис. 417. К задаче 3.1249

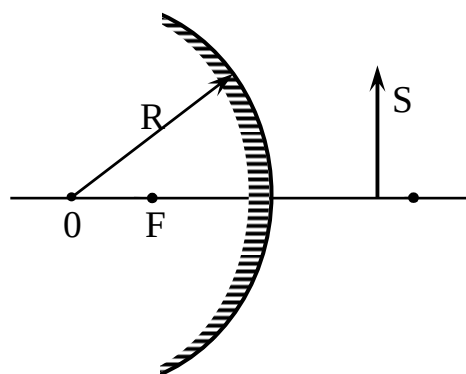


Рис. 418. К задаче 3.1250

- 3.1250. На оси выпуклого сферического зеркала расположен источник света S (рис. 418). Каким будет его изображение в зеркале?
- 1) Мнимым, равным, прямым;
 - 2) Мнимым, увеличенным, прямым;
 - 3) Действительным, уменьшенным, перевернутым;
 - 4) Действительным, увеличенным, перевернутым.
- 3.1251. Показатель преломления стекла больше показателя преломления воды. При переходе из воды в стекло угол преломления
- 1) больше угла падения;
 - 2) меньше угла падения;
 - 3) равен углу падения;
 - 4) может быть и больше и меньше угла падения, в зависимости от угла падения.
- 3.1252. Чему равен показатель преломления скипидара, если при угле падения 45° угол преломления 30°
- 1) 1,3; 2) 1,4; 3) 1,5; 4) 1,7.
- 3.1253. На рисунке 419 показан ход лучей света при преломлении на границе раздела двух сред. Каково соотношение показателей преломления этих сред?
- 1) $n_1 = n_2$; 2) $n_1 > n_2$; 3) $n_1 < n_2$; 4) ответ неоднозначен.
- 3.1254. Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло – воздух равен $8/13$. Какова скорость света в стекле?
- 1) $4,88 \cdot 10^8$ м/с; 2) $2,35 \cdot 10^8$ м/с; 3) $1,85 \cdot 10^8$ м/с; 4) $3,82 \cdot 10^8$ м/с.
- 3.1255. Луч света, проходя через прозрачные среды, преломляется так, как показано на рисунке 420. В каком из ниже приведенных соотношений находятся абсолютные показатели этих сред?
- 1) $n_1 > n_2 > n_3$;
 - 2) $n_1 < n_2 < n_3$;
 - 3) $n_1 > n_3 > n_2$;
 - 4) $n_1 < n_3 < n_2$.

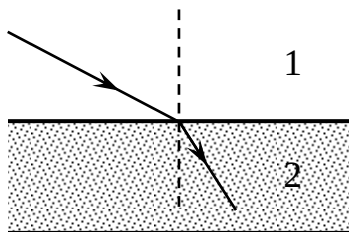


Рис. 419. К задаче 3.1253

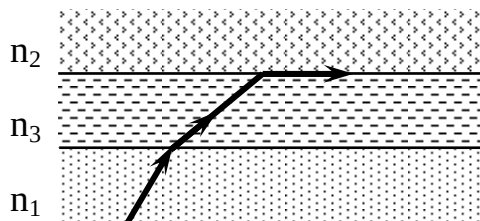


Рис. 420. К задаче 3.1255

3.1256. В контейнеры с прозрачными стенками направляют луч света. Контейнеры наполнены воздухом, и кроме того, в них расположены плоскопараллельные пластины разной ширины так, как показано на рисунке 421, а. В каком из изображенных на рисунке 421, б. четырех контейнеров ширина пластины максимальная?

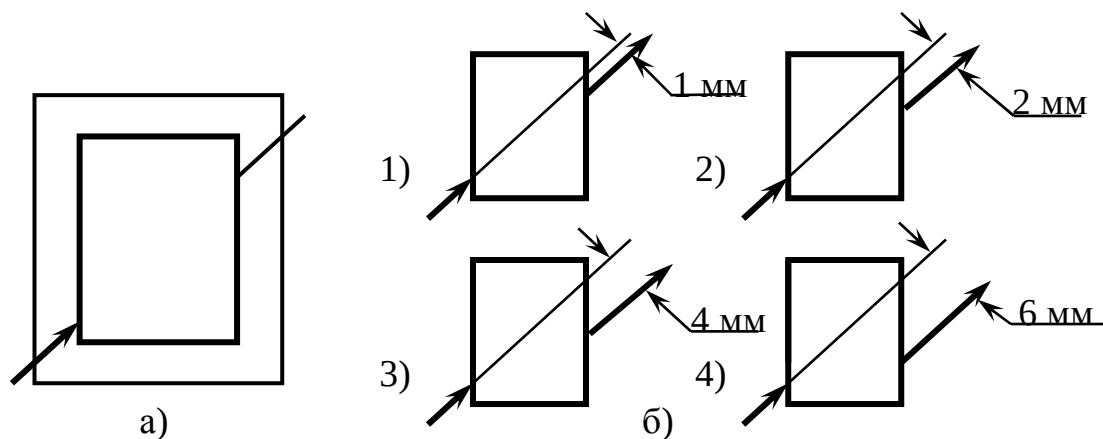


Рис. 421. К задаче 3.1256

3.1257. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 422) отражает зависимость смещения луча прошедшего сквозь плоскопараллельную пластину, в зависимости от ее толщины?

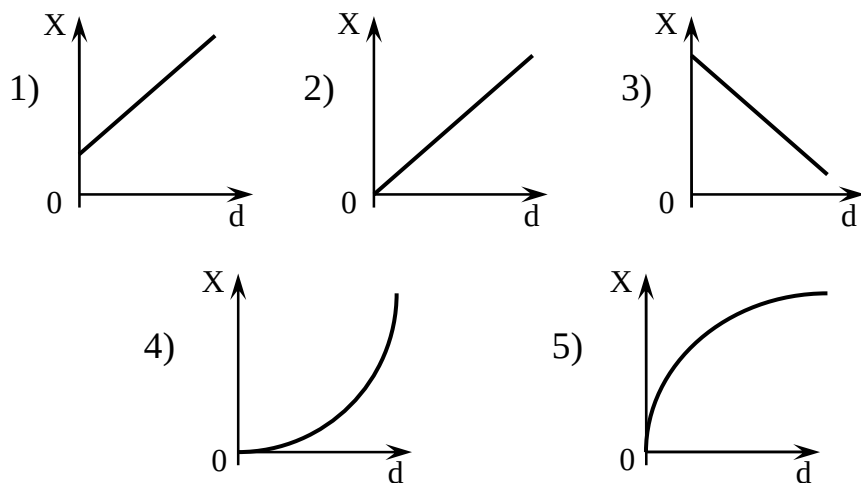


Рис. 422. К задаче 3.1257

3.1258. При прохождении через границу раздела двух сред измерены два угла падения α_1 и α_2 и два соответствующих им угла преломления β_1 и β_2 . О соотношении этих углов можно утверждать, что

1) $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\beta_1}{\beta_2}$; 2) $\frac{\alpha_1}{\beta_1} = \frac{\alpha_2}{\beta_2}$; 3) $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2}$; 4) $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2}$.

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.1259. Определите расстояние от ближайшей звезды α -Центавра до Земли, если известно, что свет преодолевает это расстояние за 4,3 года.
- 3.1260. Зная скорость света в вакууме, найти скорость света: а) в воде; б) в алмазе.
- 3.1261. Сравнить скорость света в этиловом спирте и сероуглероде.
- 3.1262. Угол падения луча на поверхность подсолнечного масла 60° , а угол преломления 36° . Найти показатель преломления масла.
- 3.1263. Под каким углом должен упасть луч на плоское зеркало, чтобы угол между отраженным лучом и поверхностью зеркала был 30° ?
- 3.1264. Угловая высота Солнца над горизонтом 45° . Под каким углом к горизонту надо расположить плоское зеркало, чтобы отраженный луч направить вертикально вверх?
- 3.1265. Выпуклое сферическое зеркало имеет радиус кривизны 60 см. На расстоянии 10 см от зеркала поставлен предмет высотой 2 см. Определить: 1) положение изображения; 2) высоту изображения; 3) построить чертеж.
- 3.1266. Определить угол преломления луча при переходе из воздуха в этиловый спирт, если угол между отраженным и преломленным лучами 120° . Показатель преломления для этилового спирта $n=1,36$.
- 3.1267. Показатель преломления стекла 1,52. Найти предельный угол полного внутреннего отражения для поверхностей раздела: а) стекло – воздух; б) вода – воздух; в) стекло – вода.
- 3.1268. Предельный угол полного внутреннего отражения для луча света выходящего из скипидара в воздух $42^\circ 23'$. Определить скорость распространения света в скипидаре.

Уровень В

- 3.1269. Высота Солнца над горизонтом $\varphi = 30^\circ$. Наблюдатель, стоя на берегу, видит изображение Солнца в воде. Наклонившись, он понижает уровень глаз на $h = 10$ см. На какое расстояние приблизится при этом изображение Солнца к берегу?

- 3.1270. Над озером на высоте $H = 40$ м завис вертолет (рис. 423). С башни высотой h он виден под углом $\varphi_1 = 30^\circ$, а его изображение в озере видно под углом $\varphi_2 = 60^\circ$ к горизонту. Какова высота башни?

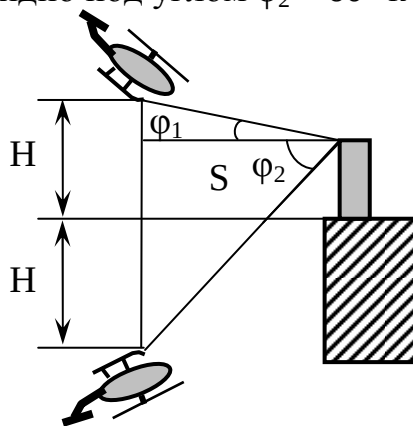


Рис. 423. К задаче 3.1270

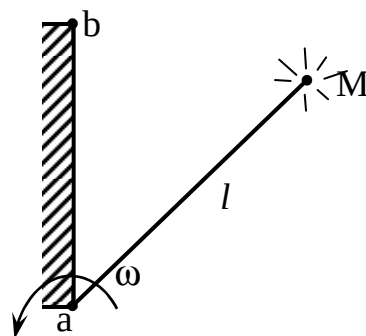


Рис. 424. К задаче 3.1271

- 3.1271. Плоское зеркало ab вращается с угловой скоростью ω вокруг точки a (рис. 424). С какой скоростью движется изображение точки M , отстоящей от точки b на расстояние l .
- 3.1272. Предмет расположен на расстоянии $d = 15$ см от вогнутого сферического зеркала с радиусом кривизны $R = 20$ см. Чему равно увеличение зеркала?
- 3.1273. Расстояние между предметом и его изображением в выпуклом зеркале 20 см, а уменьшение изображения $\Gamma = 0,5$. Чему равны фокусное расстояние и радиус кривизны зеркала?
- 3.1274. На кварцевую пластинку, имеющую показатель преломления 1,54, падает световой луч. Чему равен угол падения, если отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны?

- 3.1275. На расстоянии 10 см от центра посеребренного елочного шара находится иголка длиной 1 см (рис. 425). Диаметр шара 8 см, а иголка расположена перпендикулярно оси симметрии шара, проходящей через середину иголки.

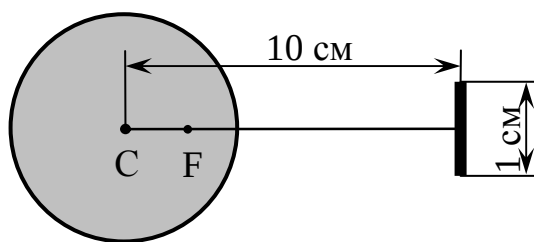


Рис. 425. К задаче 3.1275

- Найти на каком расстоянии от центра шара находится изображение иголки, и определить величину изображения.
- 3.1276. Параллельные лучи падают на стеклянный полушар перпендикулярно его основанию (рис. 426). Чему равен максимальный угол отклонения лучей при выходе их из полушара от их первоначального направления? Абсолютный показатель преломления 1,5.

- 3.1277. На дне стакана, заполненного водой на 10 см, лежит монета. На каком расстоянии от поверхности видит ее глаз наблюдателя?
- 3.1278. Преломляющий угол равнобедренной призмы $\gamma = 10^\circ$. Монохроматический луч падает на боковую грань под углом $\alpha = 10^\circ$. Показатель преломления материала призмы для этого луча 1,6. Найти угол отклонения луча от первоначального направления.
- 3.1279. Определить боковое смещение луча после прохождения через плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной 6 см, имеющую показатель преломления 1,6. Угол падения луча света на пластинку 40° .
- 3.1280. Луч падает под углом 60° на стеклянную пластину толщиной 2 см с параллельными гранями. Определить смещение луча, вышедшего из пластины.
- 3.1281. В призме с преломляющим углом $\gamma = 30^\circ$ (рис. 427) боковая грань AC посеребрена. Луч света падает на грань AB под углом $\alpha = 45^\circ$ и после отражения от посеребренной грани выходит по тому же направлению. Определить показатель преломления призмы.

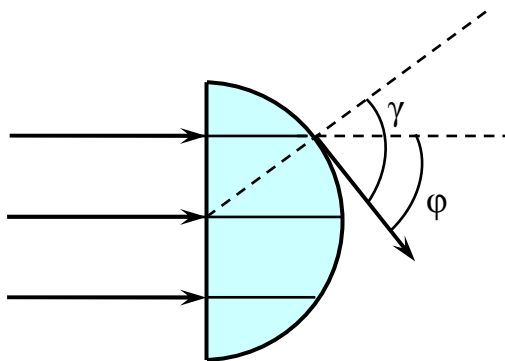


Рис. 426. К задаче 3.1276

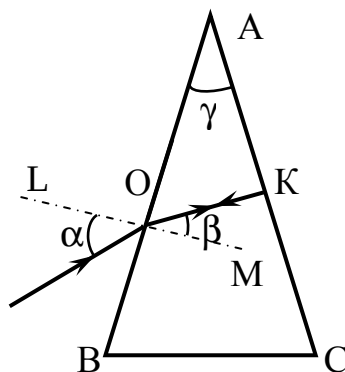


Рис. 427. К задаче 3.1281

- 3.1282. На плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной 5 см падает под углом 30° луч света. Показатель преломления пластинки $n = 1,35$. Определите боковое смещение луча, прошедшего сквозь эту пластинку.
- 3.1283. На пути луча света поставлена стеклянная пластинка толщиной $d = 1$ мм с показателем преломления $n = 1,50$ (рис. 428). Угол падения луча $\alpha = 30^\circ$. Определить оптическую длину пути луча в пластинке. Найти также разность оптического и геометрического пути.

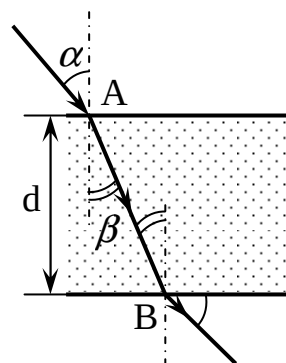


Рис. 428. К задаче 3.1283

3.5.2. Линзы. Фотометрия

Качественные и графические задачи

- 3.1284. Почему растения не поливают в жаркий солнечный день?
- 3.1285. Как можно определить в комнате освещенной электрической лампой, какая из двух собирающих линз имеет большую оптическую силу.
- 3.1286. Как изменится фокусное расстояние линзы, если ее температура повысится?
- 3.1287. Как изменится изображение, полученное на экране при помощи собирающей линзы, если закрыть верхнюю ее половину?
- 3.1288. Может ли двояковогнутая линза быть собирающей?
- 3.1289. Имеются собирающая и рассеивающая линзы. Каким образом, не измеряя фокусных расстояний, можно сравнить оптические силы линз?
- 3.1290. Какие из линз изображенных на рисунке 429 непригодны для получения действительных изображений предметов?

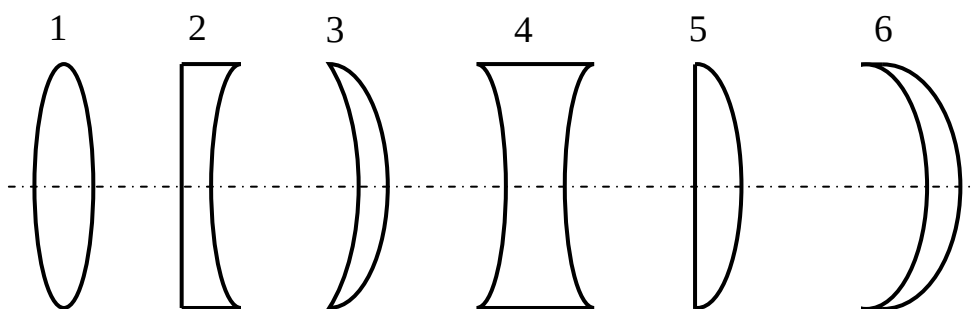


Рис. 429. К задаче 3.1290

- 3.1291. Пересекутся ли после прохождения линзы лучи, исходящие из точки А? из точки В (рис. 430)? Начертите ход лучей.

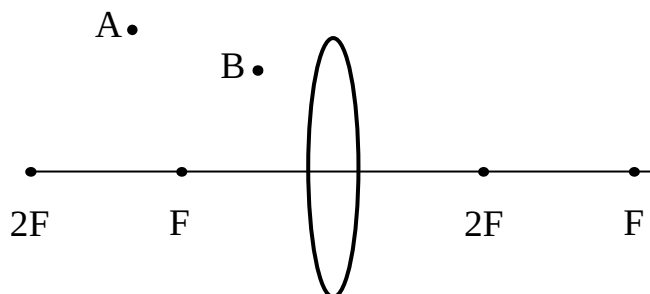


Рис. 430. К задаче 3.1291

- 3.1292. Как должна быть расположена лампочка в карманном фонаре относительно главных фокусов собирающей линзы и вогнутого зеркала, чтобы фонарь давал параллельный пучок световых лучей?
- 3.1293. Как при помощи двояковогнутой стеклянной линзы можно получить действительное изображение в воздухе?
- 3.1294. Как нужно разместить две собирающие линзы, чтобы пучок параллельных лучей, пройдя через обе линзы, снова стал параллельным?
- 3.1295. При каком расстоянии от двояковыпуклой линзы до предмета, расстояние от предмета до действительного изображения будет минимальным.
- 3.1296. Построить изображения предметов даваемых линзами (рис. 431).

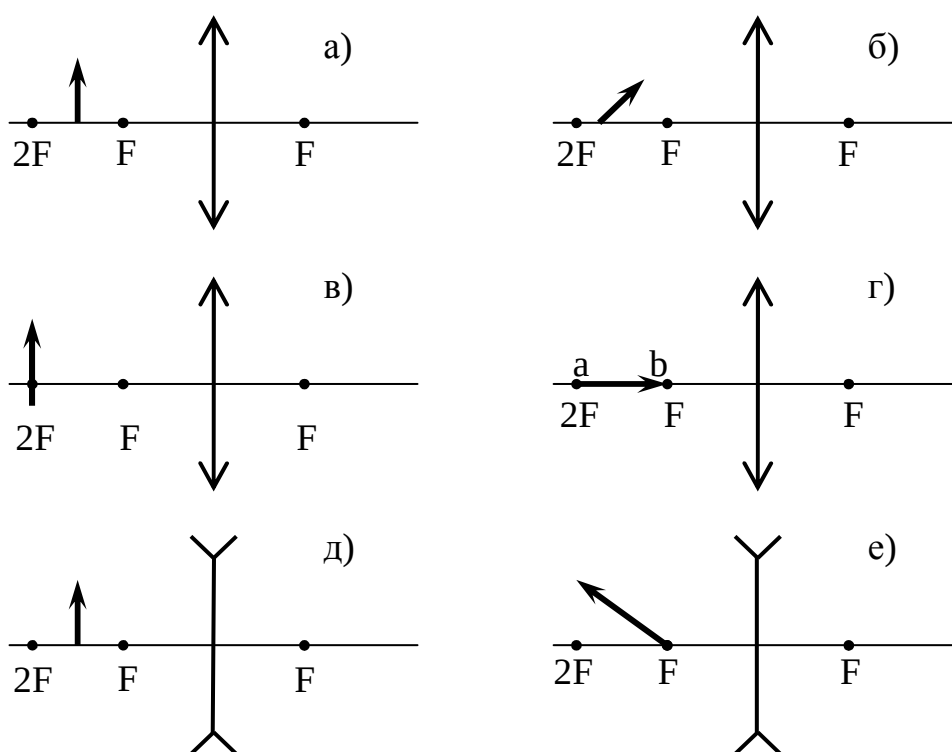


Рис. 431. К задаче 3.1296

- 3.1297. Как изменится фокусное расстояние стеклянной линзы, если ее погрузить в воду?
- 3.1298. Человек, сняв очки, читал книгу, держа ее на расстоянии 16 см от глаз. Какой оптической силы у него очки?
- 3.1299. Чему равна оптическая сила хрусталика человеческого глаза?
- 3.1300. Когда оптическая сила глаза больше: при рассмотрении близких или далеких предметов?
- 3.1301. Чтобы лучше видеть, близорукие люди щурят глаза. Как это объяснить?

- 3.1302. Можно ли считать, что предметы видны тем отчетливее, чем они ближе расположены к глазу?
- 3.1303. Очки имеют оптическую силу +2 диоптрии. Какие линзы в этих очках? Какой дефект зрения исправляют эти очки?
- 3.1304. Для устранения какого недостатка глаза больным прописывают очки с цилиндрическими стеклами?
- 3.1305. Почему наш глаз не приспособлен к восприятию ультрафиолетовых лучей?
- 3.1306. Почему тигры, кошки и некоторые другие животные видят в темноте?
- 3.1307. Почему с увеличением изображения его освещенность уменьшается?
- 3.1308. При рассматривании через лупу диаметр монеты увеличивается в два раза. Во сколько раз увеличивается ее толщина, если плоскость монеты параллельна плоскости лупы?
- 3.1309. Фокусное расстояние линзы $F = 8$ см. Построить график зависимости расстояния f между линзой и изображением от расстояния d между предметом и линзой.
- 3.1310. Построить график зависимости линейного увеличения линзы Γ с фокусным расстоянием 10 см от расстояния d между предметом и линзой.
- 3.1311. Над центром круглого стола диаметром 2 м висит лампа силой света 100 кд. Найти изменение освещенности края стола при постепенном подъеме лампы в интервале $0,5 \text{ м} \leq h \leq 0,9 \text{ м}$ через каждые 0,1 м. Построить график $E = f(h)$.

Тестовые задания

- 3.1312. Предмет расположен за двойным фокусом собирающей линзы. Каким будет его изображение?
- 1) действительным, перевернутым, увеличенным;
 - 2) мнимым, прямым, увеличенным;
 - 3) действительным, перевернутым, уменьшенным;
 - 4) мнимым, перевернутым, увеличенным.
- 3.1313. Луч, параллельный оптической оси, после прохождения через рассеивающую линзу пойдет так, что
- 1) будет параллелен оптической оси;
 - 2) пересечет оптическую ось линзы на расстоянии, равном фокусному расстоянию;

- 3) пересечет оптическую ось линзы на расстоянии, равном двум фокусным расстояниям;
 4) его продолжение пересечет оптическую ось на расстоянии, равном фокусному.
- 3.1314. Чему равна оптическая сила собирающей линзы, фокусное расстояние которой равно 20 см?
 1) 0,05 дптр; 2) 0,5 дптр; 3) 5 дптр; 4) 20 дптр.
- 3.1315. Источник света помещен в двойной фокус собирающей линзы, оптическая сила которой 1 дптр. На каком расстоянии от линзы находится его изображение?
 1) 1 м; 2) 2 м; 3) 0,5 м; 4) 4 м.
- 3.1316. От удаленного предмета с помощью собирающей линзы получено изображение на экране, удаленном от линзы на расстояние d . Фокус линзы примерно равен
 1) $d/2$; 2) d ; 3) $3d/2$; 4) $2d$.
- 3.1317. Если экран находится на расстоянии 3 м от объектива проекционного аппарата с фокусным расстоянием 12 см, то линейное увеличение объектива равно
 1) 12; 2) 18; 3) 24; 4) 36.
- 3.1318. Прямая нить накала лампы размером d , параллельная плоскости линзы и находящаяся на расстоянии a от линзы, дает четкое изображение на экране, расположенном на расстоянии b от линзы. Размер изображения равен
 1) da/b ; 2) db/a ; 3) $da/(a+b)$; 4) $db/(a+b)$.
- 3.1319. Фокусы рассеивающей линзы оптической системы обозначены на рисунке F_1 , фокус собирающей – F_2 (рис. 432). Изображение предмета, расположенного в точке S , в этой оптической системе получается
 1) мнимым перевернутым;
 2) мнимым прямым;
 3) действительным перевернутым;
 4) действительным прямым.

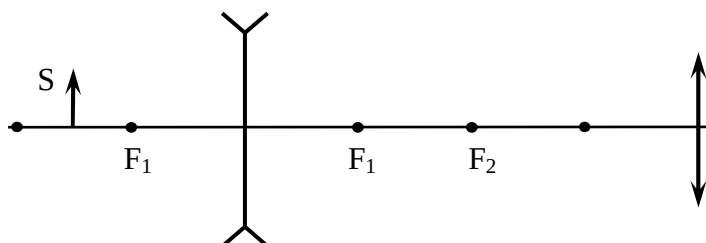


Рис. 432. К задаче 3.1319

- 3.1320. При фотографировании удаленного предмета фотоаппаратом, объективом которого служит собирающая линза с фокусным расстоянием f , плоскость фотопленки находится от объектива на расстоянии
- 1) больше, чем $2f$; 2) равном $2f$; 3) между f и $2f$; 4) равном f .

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.1321. Линза с фокусным расстоянием 20 см дает уменьшенное в 4 раза мнимое изображение. Определить расстояние от предмета до линзы и расстояние от линзы до изображения.
- 3.1322. Собирающая линза дает изображение с увеличением $\Gamma = 2$, если расстояние между предметом и изображением 24 см. Определить оптическую силу линзы.
- 3.1323. Расстояние от предмета до одной линзы 20 см, ее фокусное расстояние 6 см. Чему равно фокусное расстояние другой линзы, если при расстоянии между ней и предметом 15 см расстояние от нее до изображения такое же, как и у первой линзы?
- 3.1324. Предмет высотой $h = 0,03$ м расположен на расстоянии $d = 0,15$ м от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = 0,3$ м. На каком расстоянии f от линзы получится изображение? Какова будет величина изображения h ?
- 3.1325. Предмет помещен на расстоянии 30 см от собирающей линзы. Его изображение оказалось на расстоянии 60 см по другую сторону линзы. Найдите фокусное расстояние и оптическую силу линзы, постройте изображение.
- 3.1326. Собирающая линза увеличивает изображение предмета в 4 раза. Если этот предмет передвинуть на 5 см, то увеличение уменьшится в 2 раза. Найти фокусное расстояние линзы.
- 3.1327. Расстояние от предмета до переднего фокуса собирающей линзы l_1 , а расстояние от ее заднего фокуса до изображения l_2 . Чему равно фокусное расстояние линзы и ее линейное увеличение?
- 3.1328. Определить оптическую силу двояковыпуклой линзы имеющей радиусы кривизны поверхностей $R_1 = R_2 = 0,5$ м. Показатель преломления материала линзы 1,5.
- 3.1329. На каком расстоянии от предмета нужно поместить экран, чтобы плоско выпуклая линза с радиусом кривизны $R = 20$ см и показате-

- лем преломления $n = 1,5$ давала изображение предмета, увеличенное в 2 раза?
- 3.1330. Изображение лампы на экране получается четким при двух положениях линзы между ними. Найти фокусное расстояние линзы.
- 3.1331. Необходимо изготовить плосковыпуклую линзу с оптической силой 4 дптр. Определить радиус кривизны выпуклой поверхности линзы, если показатель преломления материала линзы равен 1,5.
- 3.1332. Изображение предмета, которое дает двояковыпуклая линза, оказывается в 5 раз больше предмета. Определить расстояние от предмета до изображения, если известно, что линза имеет одинаковые радиусы кривизны поверхностей. Показатель преломления материала линзы 1,5.
- 3.1333. Найти увеличение, даваемое лупой, фокусное расстояние которой $F = 2$ см: 1) для нормального глаза с расстоянием наилучшего зрения $D_1 = 25$ см; 2) для близорукого глаза с расстоянием $D_2 = 15$ см.
- 3.1334. Найти увеличение, даваемое лупой с фокусным расстоянием 5 см для нормального глаза с расстояния наилучшего зрения.
- 3.1335. Какими должны быть радиусы кривизны поверхностей лупы, чтобы она давала увеличение для нормального глаза $\Gamma = 10$? Показатель преломления материала лупы 1,5.
- 3.1336. Телескоп имеет объектив с фокусным расстоянием 150 см и окуляр с фокусным расстоянием 10 см. Под каким углом зрения видна полная Луна в телескоп, если невооруженным глазом она видна под углом 31° ?
- 3.1337. Тонкая собирающая линза с оптической силой 3 дптр сложена вплотную с тонкой рассеивающей линзой с оптической силой – 1 дптр так, что их главные оптические оси совпадают. Расстояние от предмета до системы этих линз 80 см. Найти высоту изображения, если высота предмета 10 см.
- 3.1338. Ученик привык читать книгу, держа ее на расстоянии 20 см от глаза. Какой должна быть оптическая сила очков, которые должен носить ученик, чтобы читать книгу, держа ее на расстоянии наилучшего зрения $d_0 = 25$ см?
- 3.1339. В вогнутое зеркало налили воду (рис. 433). Радиус кривизны зеркала 40 см. Найти оптическую силу этой системы.

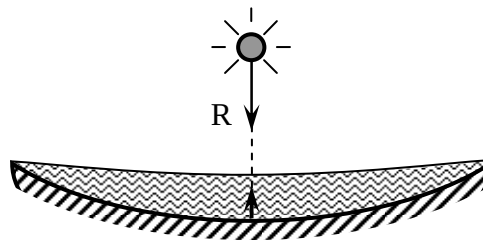


Рис. 433. К задаче 3.1339

Уровень В

- 3.1340. Стеклопаяная двояковыпуклая линза с радиусами кривизны $R_1 = R_2 = 6$ см погружена в воду. Найти фокусное расстояние. Показатели преломления $n_c = 1,55$, $n_v = 1,33$.
- 3.1341. Из стекла с показателем преломления 1,5 надо изготовить вогнуто-выпуклую линзу с главным фокусным расстоянием 24 см, причем один радиус должен быть в 2 раза больше другого. Найти R_1 и R_2 .
- 3.1342. Две тонкие линзы собирающая и рассеивающая сложены вплотную. Расстояние от предмета до системы линз 45 см. Расстояние от системы линз до экрана, на котором получено изображение 90 см. Определить фокусное расстояние рассеивающей линзы, если для собирающей линзы оно равно 20 см.
- 3.1343. Изображение предмета на матовом стекле фотоаппарата с расстояния 15 м получилось высотой 30 мм, а с расстояния 9 м – высотой 51 мм. Найти фокусное расстояние объектива.
- 3.1344. Лупа дает увеличение $\Gamma_1 = 5$ когда предмет находится непосредственно вблизи ее фокальной плоскости между фокусом и лупой. Эту лупу используют в качестве объектива проекционного аппарата, в результате чего на экране получают увеличение $\Gamma_2 = 10$. На каком расстоянии d от лупы следует при этом расположить диапозитив? Расстояние наилучшего зрения $d_0 = 25$ см.
- 3.1345. Свет от электрической лампочки с силой света 200 кд падает под углом 45° на рабочее место, создавая освещенность 141 лк. На каком расстоянии и на какой высоте от рабочего места находится лампочка?
- 3.1346. В день весеннего равноденствия (21 марта), Солнце на Северной земле стоит в полдень под углом 10° к горизонту. Во сколько раз освещенность площадки, поставленной вертикально, будет больше освещенности горизонтальной площадки?
- 3.1347. Высота Солнца увеличилась с 30° до 45° . Во сколько раз изменилась освещенность земной поверхности?
- 3.1348. Светильник в виде равномерно светящегося шара радиусом 10 см имеет силу света 100 кд. Определить для этого светильника: полный световой поток; светимость.
- 3.1349. На лист белой бумаги размером 10×25 см нормально к поверхности падает световой поток 50 лм. Принимая коэффициент рассеяния бумажного листа 0,7, определить: освещенность, светимость, яркость.

- 3.1350. При печатании фотоснимка сила света лампы 60 кд, а время экспозиции 1,5 с. Найти изменение силы света после замены ее другой лампой, если при прежней световой энергии время экспозиции стало на 0,5 с меньше.
- 3.1351. В центре квадратной комнаты площадью 25 м² висит лампа. На какой высоте от пола должна находиться лампа, чтобы освещенность в углах комнаты была наибольшей?
- 3.1352. На некоторой высоте над круглым столом радиусом R висит лампа с силой света I . На какой высоте h должна она висеть, чтобы освещенность края стола E была максимальной?
- 3.1353. Две лампы, подвешенные к потолку на высоте 2 м от горизонтальной плоскости MN и на расстоянии 2 м друг от друга (рис. 434), дают каждая в отдельности силу света в 100 кд. Определить освещенность на поверхности MN в точках под источниками света и в точке D посередине между лампами.

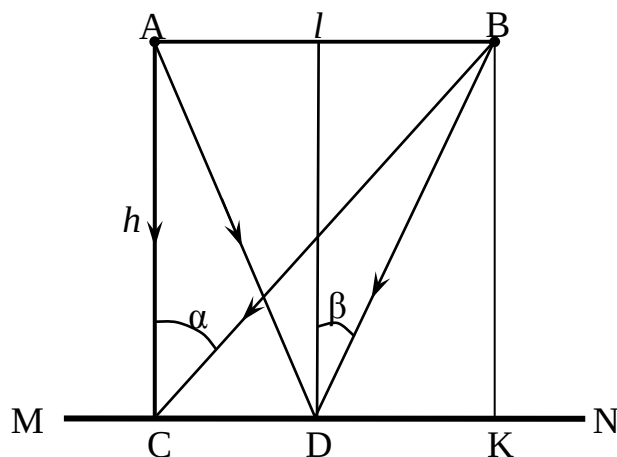


Рис. 434. К задаче 3.1353

- 3.1354. В карманном фонарике впереди лампочки на расстоянии 2 см от нее установлена собирающая линза с фокусным расстоянием 3 см. Как изменится средняя освещенность поверхности, расположенной на расстоянии 1 м от линзы перпендикулярно главной оптической оси, если линзу снять с фонарика? Нить лампы считать точечным источником света.
- 3.1355. В вершинах (S_1 и S_2) равностороннего треугольника со стороной, равной 2 м, расположены два источника света по 100 кд каждый. Как следует расположить пластинку BC, чтобы она была освещена максимально (рис. 435)? Чему равно максимальное значение освещенности?

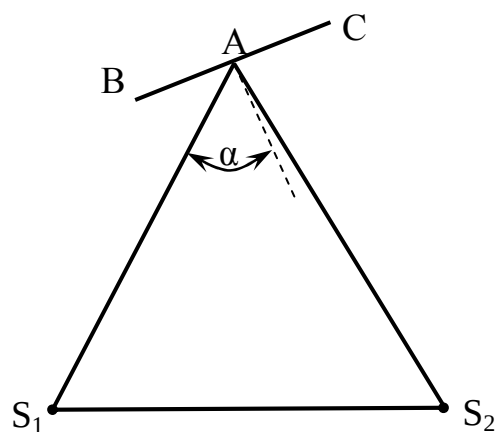


Рис.435. К задаче 3.1355

3.1356. Автомобильная лампочка, которую можно принять за точечный источник света силой 29 кд, находится на расстоянии 2 м от собирающей линзы диаметром 8 см. За линзой расположен экран, на котором лучи света, прошедшие через линзу, дают световой кружок диаметром 2 см. Определить освещенность кружка диаметром 2 см. Определить освещенность кружка (рис. 436). Поглощением линзы пренебречь.

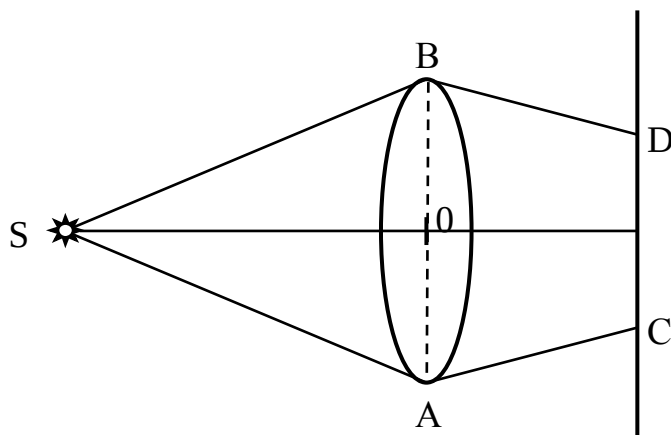


Рис. 436. К задаче 3.1356

3.5.3. Волновые свойства света

Качественные и графические задачи

- 3.1357. В опыте по разложению света в качестве источника света берется узкая светящаяся щель. Почему?
- 3.1358. На белой бумаге наклеены красные буквы. Каким светом надо осветить бумагу, чтобы буквы стали невидимыми?
- 3.1359. Радиоволны отражаются от железной крыши зеркально, а свет при отражении от этой же крыши сильно рассеивается. Почему?
- 3.1360. Длина волны красного света в воде равна длине волны зеленого света в воздухе. Какой цвет увидит человек под водой, если вода освещена красным светом?
- 3.1361. Английский физик Рэлей обнаружил, что короткие волны рассеиваются на мелких неоднородностях среды значительно сильнее, чем длинные. Объясните, исходя из этого, голубой цвет неба.
- 3.1362. Почему освещенный столб дыма на темном фоне кажется синеватым, а на фоне светлого неба – желтым или красноватым?
- 3.1363. Почему зимой в ясную погоду тени деревьев на снегу имеют голубоватый оттенок?
- 3.1364. Луч света, преломляясь, переходит из стекла в воздух. Как расположатся преломленные лучи различных цветов относительно перпендикуляра к границе сред в точке преломления луча?
- 3.1365. Каково происхождение радужных оттенков крыльев некоторых насекомых, например мух, стрекоз, бабочек и т. д.?
- 3.1366. Как изменяется интерференционная картина на экране (рис. 437), если: а) не изменяя расстояния между источниками света, удалять их от экрана; б) не изменяя расстояния до экрана, сближать источники света; в) источники света будут испускать свет с меньшей длиной волны?

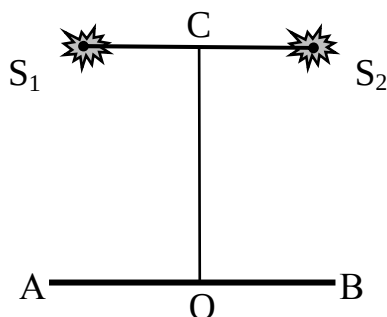


Рис. 437. К задаче 3.1366

- 3.1367. Две когерентные световые волны в результате интерференции могут взаимно погаситься в некоторой области. Куда «исчезает» энергия этих волн?
- 3.1368. Почему в центральной части спектра, полученного на экране при освещении дифракционной решетки белым светом, всегда наблюдается белая полоса?
- 3.1369. Почему дифракция звука в повседневной жизни более очевидна, чем дифракция света?
- 3.1370. Имеются две дифракционные решетки: первая, имеющая 50 штрихов на 1 мм и вторая, имеющая 100 штрихов на 1 мм. Какая из дифракционных решеток при прочих равных условиях даст на экране более широкий спектр?
- 3.1371. Дифракционную решетку удаляют от экрана. Как при этом изменяется картина дифракционного спектра?
- 3.1372. Как изменится вид дифракционного спектра, если источник белого света, дифракционную решетку и экран (не меняя расстояний между ними) переместить из воздуха в воду?
- 3.1373. На дифракционную решетку с периодом $d = 4$ мкм падает нормально свет, пропущенный через светофильтр. Полоса пропускания светофильтра – от $\lambda_1 = 550$ нм до $\lambda_2 = 650$ нм. Будут ли спектры разных порядков перекрываться друг с другом?
- 3.1374. Свет, имеющий длину волны λ , падает наклонно на дифракционную решетку с периодом d . Угол падения равен α . Какой вид имеет в этом случае формула дифракционной решетки?
- 3.1375. В какой части неба может появиться радуга ранним утром?
- 3.1376. Как образуется радуга?
- 3.1377. Можно ли искусственно получить радугу?
- 3.1378. На каких физических принципах основана рентгеноскопия, применяемая в медицине и технике?
- 3.1379. Свет, отраженный от поверхности воды, частично поляризован. Как убедиться в этом, имея поляроид?
- 3.1380. Если смотреть на спокойную поверхность неглубокого водоема через поляроид и постепенно поворачивать его, то при некотором положении поляроида дно водоема будет лучше видно. Объяснить явление.
- 3.1381. На рисунке 438 дан график изменения проекции напряженности электрического поля электромагнитной волны в зависимости от времени для данной точки пространства (луча). Найти частоту и длину волны.
- 3.1382. На рисунке 439 дан график распределения проекции напряженности электрического поля электромагнитной волны по заданному

направлению (лучу) в данный момент времени. Найти частоту колебаний.

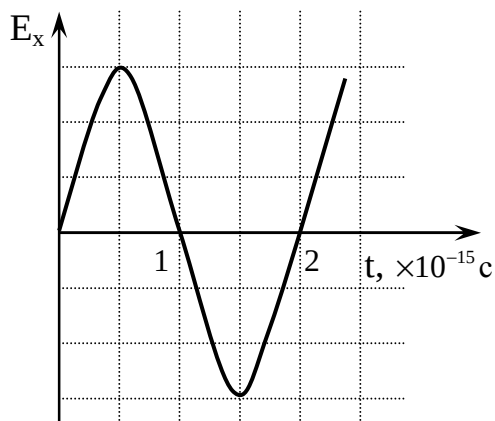


Рис. 438. К задаче 3.1381

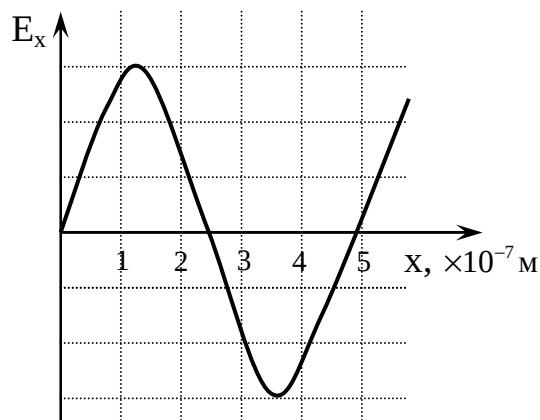


Рис. 439. К задаче 3.1382

3.1383. Почему фиолетовый свет преломляется сильнее, чем красный?

3.1384. Почему сигналы тревоги красного цвета?

Тестовые задания

3.1385. Как инфракрасное излучение воздействует на живой организм?

- 1) вызывает фотоэффект;
- 2) охлаждает облучаемую поверхность;
- 3) нагревает облучаемую поверхность;
- 4) способствует загару.

3.1386. Среди приведенных ниже примеров электромагнитных волн максимальной длиной волны обладает

- 1) инфракрасное излучение Солнца;
- 2) ультрафиолетовое излучение Солнца;
- 3) излучение γ -радиоактивного препарата;
- 4) излучение антенны радиопередатчика.

3.1387. На металлическую пластину перпендикулярно ее поверхности падает свет (рис. 440). Электроны проводимости на поверхности начнут двигаться

- 1) вдоль вектора $\vec{B}$;
- 2) вдоль вектора $\vec{E}$;
- 3) против вектора $\vec{B}$;
- 4) против вектора $\vec{E}$.

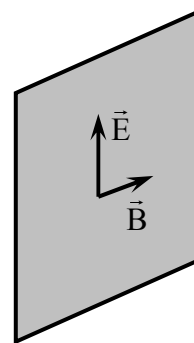


Рис. 440. К задаче 3.1387

- 3.1388. В вакууме скорость распространения света c , а длина волны λ . При попадании этого света в прозрачную среду с показателем преломления n эти параметры становятся равными
- 1) nc и $n\lambda$; 2) c/n и $n\lambda$; 3) c/n и λ/n ; 4) nc и λ/n .
- 3.1389. Скорость света в стекле с показателем преломления 1,5 примерно равна
- 1) 200000 м/с; 2) 200000 км/с; 3) 300000 км/с; 4) 450000 км/с.
- 3.1390. Просветление объективов оптических систем основано на явлении
- 1) интерференции света;
 - 2) дисперсии света;
 - 3) поляризации света;
 - 4) дифракции света.
- 3.1391. Два когерентных источника излучают волны с одинаковыми начальными фазами. Периоды колебаний 0,2 с, скорость распространения волн 300 м/с. Максимум интерференции будет наблюдаться в точках, для которых разность хода волн от источников равна
- 1) 30 м, 90 м, 150 м, и т.д.;
 - 2) 60 м, 120 м, 180 м, и т.д.;
 - 3) 30 м, 60 м, 180 м, и т.д.;
 - 4) 15 м, 45 м, 75 м, и т.д.
- 3.1392. На экране от круглого отверстия, освещенного небольшой яркой лампочкой, возникает круглое светлое пятно (рис. 441). Что будет происходить при постепенном уменьшении размера отверстия?
- 1) Размер светлого пятна будет возрастать;
 - 2) Размер светлого пятна будет убывать;
 - 3) Размер пятна будет уменьшаться, затем возникнет картина чередующихся светлых и темных колец;
 - 4) Размер пятна будет уменьшаться, а при некотором критическом размере экран резко станет темным.

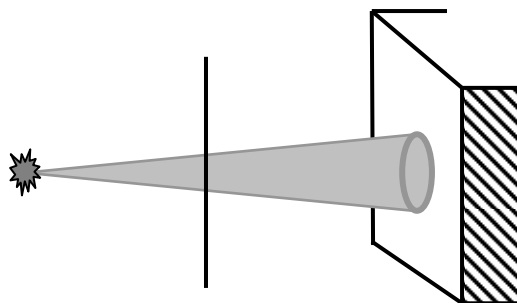


Рис. 441. К задаче 3.1392

3.1393. Монохроматическим светом с длиной волны λ освещают щель, шириной d . На экране, расположенном за щелью, возникает картина чередования темных и светлых полос. Это происходит

- 1) только если $d \ll \lambda$;
- 2) только если $d \approx \lambda$;
- 3) только если $d \gg \lambda$;
- 4) при любом соотношении d и λ .

3.1394. Если направить на два узких отверстия, расположенных в фольге на расстоянии $d = 1$ мм друг от друга пучок света от лазерной указки (длина волны света 700 нм) (рис. 442), то на экране, расположенном от фольги на расстоянии 5 м, в области геометрической тени на оси симметрии АВ наблюдается

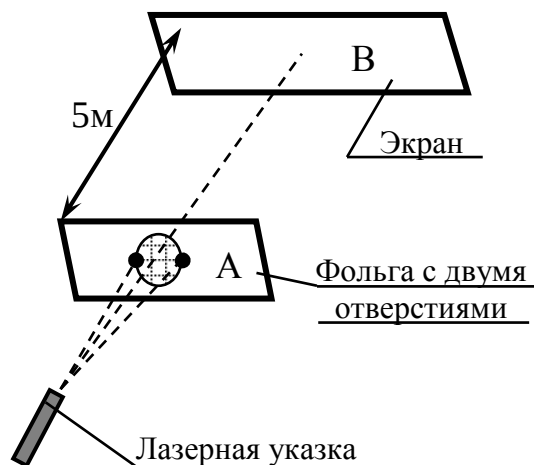


Рис. 442. К задаче 3.1394

- 1) темнота;
- 2) темная полоса шириной 3,5 мм;
- 3) светлая полоса шириной 3,5 мм;
- 4) светлый круг диаметром 3,5 мм.

3.1395. Лазерный луч падает перпендикулярно на дифракционную решетку. На вертикальной стене наблюдается серия ярких пятен, расположенных вдоль вертикали АВ. Какие изменения произойдут в расположении пятен на экране при повороте решетки на 90° вокруг оси ОС (рис. 443)?

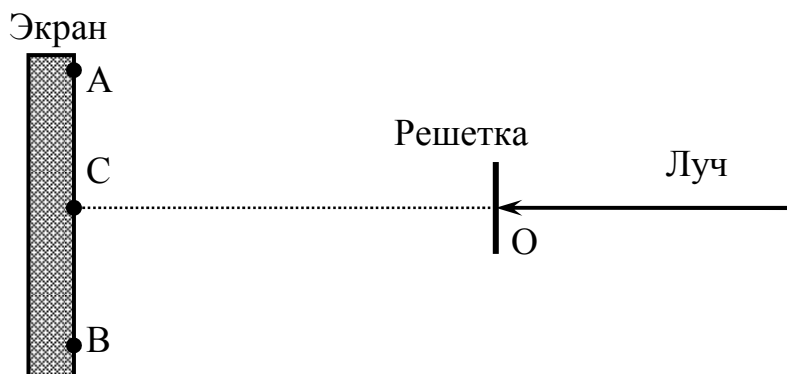


Рис. 443. К задаче 3.1395

- 1) Расположение пятен не изменится;
- 2) Пятна исчезнут;

- 3.1396. Одна и та же дифракционная решетка освещается различными монохроматическими излучениями с разными интенсивностями. Какой рисунок (рис. 444 а, б или в) соответствует случаю освещения светом с наименьшей длиной волны? (J – интенсивность света, φ – угол дифракции).

-
- The figure contains three sub-graphs labeled a), б), and в). Each graph plots the Bessel function J on the vertical axis against $\sin \varphi$ on the horizontal axis. The vertical axis has major ticks at 0, 2, 4, 6, and 8. The horizontal axis has major ticks at -0.3, -0.1, 0.1, and 0.3. All three graphs show the same function, which is a Bessel function of the first kind, J_0 . The function has a maximum value of 8 at $\sin \varphi = 0$ and crosses the horizontal axis at $\sin \varphi \approx \pm 0.24$.

3.1397. На рисунке 445 показана установка для измерения длины световой волны с помощью дифракционной решетки. Расстояние от решетки до линейки – L , период решетки – d . На решетку падает луч от лазера перпендикулярно плоскости решетки, при этом на линейке на расстоянии x друг от друга возникают яркие пятна. Длина волны света, излучаемого лазером равна

- 3.1398. Доказательством поперечности световой волны служит

- 311

- 3) дисперсия;
- 4) поляризация.

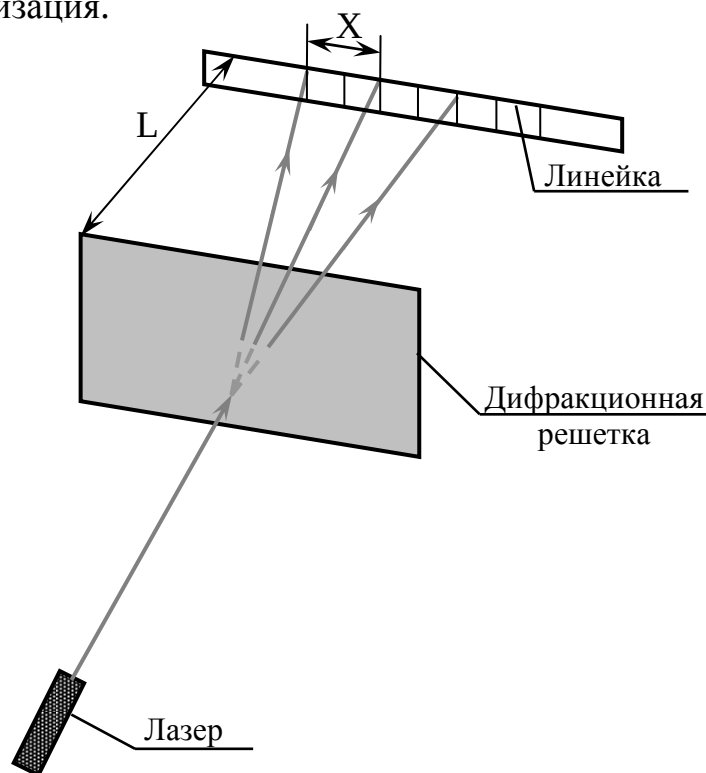


Рис. 445. К задаче 3.1397

3.1399. Имеются два (I и II) одинаковых кристалла турмалина, с помощью которых изучают поляризацию (рис. 446). При рассмотрении через них горящей свечи она видна при всех трех способах расположения кристаллов показанных на рисунке. Что будет наблюдаться, при повороте кристалла II по часовой стрелке на 180° на правом рисунке?

- 1) картина останется неизменной;
- 2) поверхность II будет постепенно темнеть и в конце поворота свеча не будет видна сквозь два кристалла;
- 3) поверхность II будет сначала темнеть, потом посветлеет, и в конце поворота свеча будет видна сквозь два кристалла, как и в исходном положении;
- 4) при повороте на небольшой угол свеча исчезнет и поверхность II останется темной до конца поворота.

3.1400. При падении света из воздуха на диэлектрик отраженный луч полностью поляризован. Преломленный луч распространяется под углом 30° градусов к нормали. При этом показатель преломления диэлектрика равен...

- 1) 1,5;
- 2) 1,73;
- 3) 2,0;
- 4) 1,41.

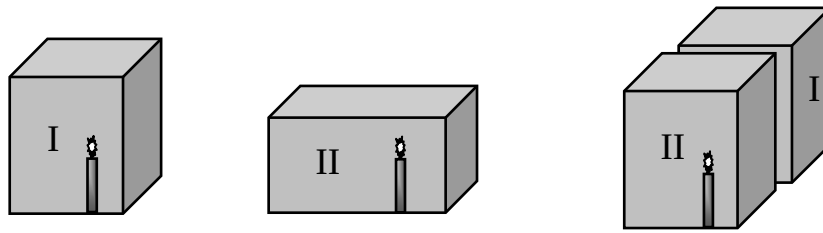


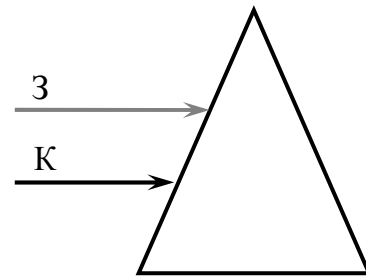
Рис. 446. К задаче 3.1399

3.1401. Разложение белого света в спектр при прохождении через призму обусловлено

- 1) интерференцией света;
- 2) отражением света;
- 3) дисперсией света;
- 4) дифракцией света.

3.1402. Параллельные лучи от лазеров с зеленым и красным излучением падают на переднюю грань призмы в плоскости, перпендикулярной граням призмы (рис. 447), и выходят через противоположную грань. После падения на призму эти лучи

- 1) пересекутся;
- 2) разойдутся;
- 3) будут идти параллельно;
- 4) ответ зависит от преломляющего угла призмы.



3.1403. Частота колебаний электрического поля в вакууме у первой волны в 2 раза больше, чем у второй. Волны падают перпендикулярно на пластину из вещества, показатель которого для первой волны на 2% больше. Число волн, укладывающихся в толщине пластины, для первой волны

- 1) в 2,04 раза больше;
- 2) в 2,04 раза меньше;
- 3) на 2% больше;
- 4) на 2% меньше.

Рис. 447. К задаче 3.1402

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1404. Определить скорость вращения солнечного диска, если желтая спектральная линия ($\lambda = 589$ нм) в спектрах, полученных от левого и правого краев спектра смещена на $\Delta\lambda = 0,008$ нм.

3.1405. Расстояние $r_1 = 1$ м, а расстояние $r_2 = 1,0009$ м (рис. 448). Что наблюдается в точке М: минимум или максимум освещенности, если частота световых волн, излучаемых источниками S_1 и S_2 равна $5 \cdot 10^{14}$ Гц.

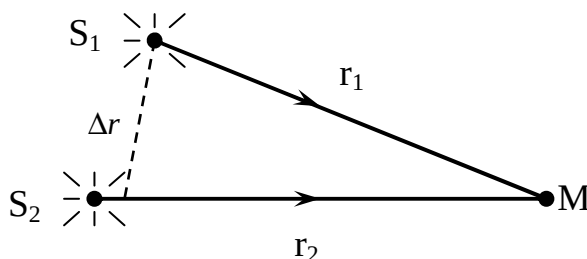


Рис. 448. К задаче 3.1405

3.1406. Два когерентных источника S_1 и S_2 испускают свет с длиной волны $5 \cdot 10^{-7}$ м. Источники находятся на расстоянии $d = 30$ мм друг от друга. Экран расположен на расстоянии $L = 4$ м от каждого источника (рис. 449). Что будет наблюдаться в точке М, расположенной напротив источника S_1 ?

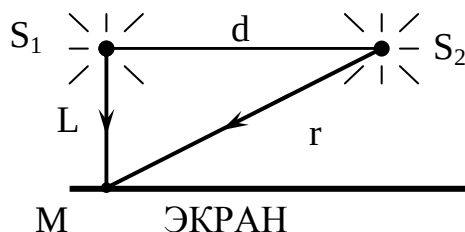


Рис. 449. К задаче 3.1406

3.1407. Свет с длиной волны $0,5$ мкм от двух когерентных источников S_1 и S_2 , расстояние между которыми $d = 2$ мм попадает на экран, расположенный в $L = 2$ м от них (рис. 450). На экране наблюдается картина интерференции. Усиление или ослабление света будет в точке А, если луч S_1A перпендикулярен экрану.

3.1408. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. Радиус кривизны линзы 15 м. Наблюдение ведется в отраженном свете. Расстояние между пятым и двадцать пятым светлыми

кольцами Ньютона 9 мм. Найти длину волны монохроматического света.

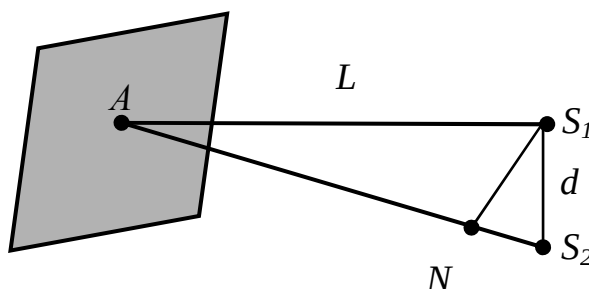


Рис. 450. К задаче 3.1407

- 3.1409. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны $6 \cdot 10^{-7}$ м. Найти разность между радиусами светлых колец с порядковыми номерами $k_1 = 3$ и $k_2 = 4$. Радиусы кривизны линзы 8 м. Наблюдение ведется в отраженном свете.
- 3.1410. Установка для получения колец Ньютона освещается светом от ртутной дуги, падающим по нормали к поверхности пластинки. Наблюдение ведется в проходящем свете. Каково по порядку светлое кольцо, соответствующее линии $\lambda_1 = 579,1$ нм, совпадает со следующим светлым кольцом, соответствующим линии $\lambda_2 = 577$ нм?
- 3.1411. Пучок белого света падает по нормали к поверхности стеклянной пластинки толщиной 0,4 мкм. Какие длины волн лежащие в пределах видимого спектра, усиливаются в отраженном свете? Показатель преломления стекла 1,5.
- 3.1412. На щель нормально падает монохроматический свет ($\lambda = 0,58$ мкм). Ширина щели 4λ . Под каким углом будет наблюдаться второй дифракционный максимум?
- 3.1413. На щель нормально падает монохроматический свет с длиной волны λ . Третий дифракционный максимум наблюдается под углом $35,7^\circ$. Определить ширину щели.
- 3.1414. Определите число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу $\varphi = 30^\circ$ соответствует максимум четвертого порядка для монохроматического света с длиной волны 0,5 мкм.
- 3.1415. Определить угол отклонения лучей зеленого света ($\lambda = 0,55$ мкм) в спектре первого порядка, полученном с помощью дифракционной решетки, с периодом 0,02 мм.
- 3.1416. Дифракционная решетка длиной 1 см содержит 1200 штрихов. Найти длину волны монохроматического света, падающего нор-

- мально на решетку, если угол между двумя спектрами первого порядка равен 8° .
- 3.1417. Монохроматический свет нормально падает на дифракционную решетку. Определите угол дифракции, соответствующий максимуму четвертого порядка, если максимум третьего порядка отклонен на 18° .
- 3.1418. На дифракционную решетку длиной l с количеством штрихов N падает нормально свет с длинами волн λ_1 и λ_2 . Определить расстояние Δx между дифракционными максимумами второго порядка, соответствующие этим волнам. Расстояние между решеткой и экраном L , углы дифракции малы.
- 3.1419. Период дифракционной решетки равен $2,5$ мкм. Сколько максимумов будет содержать спектр, образующийся при нормальном падении на решетку монохроматического света с длиной волны 400 нм?
- 3.1420. На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет. Период решетки в $3,5$ раза больше длины световой волны. Найти общее число главных максимумов, которые может дать эта решетка. Под каким углом наблюдается максимум первого порядка?
- 3.1421. На щель шириной 6λ падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны λ . Под каким углом будет наблюдаться третий дифракционный минимум света?
- 3.1422. Найти наибольший порядок спектра для желтой линии натрия ($\lambda = 589$ нм), если постоянная дифракционной решетки $d = 2$ мкм.
- 3.1423. На дифракционную решетку нормально падает пучок монохроматического света. Максимум третьего порядка наблюдается под углом $36^\circ 48'$ к нормали. Найти постоянную дифракционной решетки, выраженную в длинах волн падающего света. Какое число максимумов дает эта дифракционная решетка.
- 3.1424. Линия с длиной волны 426 нм, полученная при помощи дифракционной решетки, в спектре второго порядка видна под углом $4,9^\circ$. Определить, под каким углом видна линия с длиной волны 713 нм в спектре первого порядка.
- 3.1425. Чему равна постоянная дифракционной решетки, если красная линия второго порядка ($\lambda = 7 \cdot 10^{-5}$ см) наблюдается под углом 30° ? Свет падает на решетку нормально.
- 3.1426. Какой должна быть длина дифракционной решетки, имеющей 800 штрихов на длине 2 мм, чтобы с ее помощью можно было разрешить в спектре второго порядка две линии с длинами волн $\lambda_1 = 500$ нм и $\lambda_2 = 500,02$ нм?

3.1427. Какое наименьшее число штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре первого порядка можно было видеть раздельно две желтые линии натрия с длинами волн $5890 \text{ \AA}$ и $5896 \text{ \AA}$?

Уровень В

3.1428. Два когерентных источника S_1 и S_2 испускают свет с длиной волны 500 нм . На каком расстоянии x от точки O на экране располагается первый максимум освещенности, если расстояние между источниками $d = 0,5 \text{ мм}$, а расстояние от каждого источника до экрана $L = 2 \text{ м}$ (рис. 451).

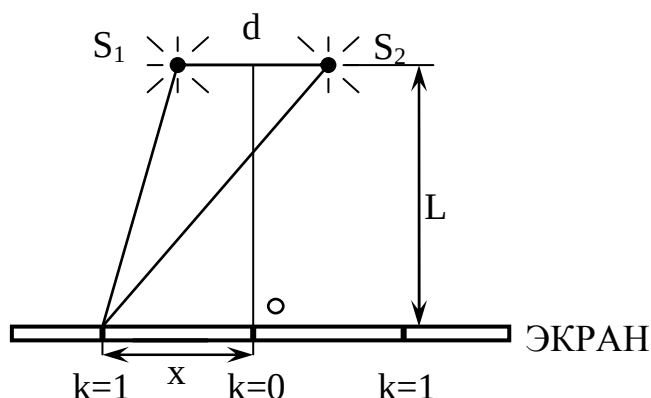


Рис. 451. К задаче 3.1428

3.1430. На щель шириной $a = 20 \text{ мкм}$ падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 500 нм . Найти ширину A изображения щели на экране, удаленном от щели на расстояние $l = 1 \text{ м}$ (рис. 452). Шириной изображения считать расстояние между первыми дифракционными максимумами, расположенными по обе стороны от главного максимума освещенности.

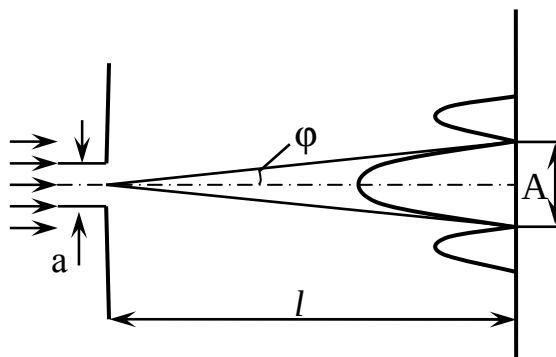


Рис. 452. К задаче 3.1430

3.1431. Каков период решетки, если при нормальном падении на нее лучей с длиной волны $0,75 \text{ мкм}$ на экране, отстоящем от решетки на расстояние $L = 1 \text{ м}$,

максимумы первого порядка отстоят друг от друга на $x=30,3$ см (рис. 453)? Каково число штрихов на 1 см решетки? Какое количество максимумов дает эта дифракционная решетка? Каков максимальный угол отклонения лучей, соответствующих последнему дифракционному максимуму?

- 3.1432. Дифракционная решетка имеет 400 штрихов на длине 2 мм. Она расположена на расстоянии $L=1$ м от экрана (рис. 454). На решетку падает белый свет с длиной волны красного цвета 720 нм и длиной волны фиолетового цвета 430 нм. Найти длину x спектра первого порядка на экране.

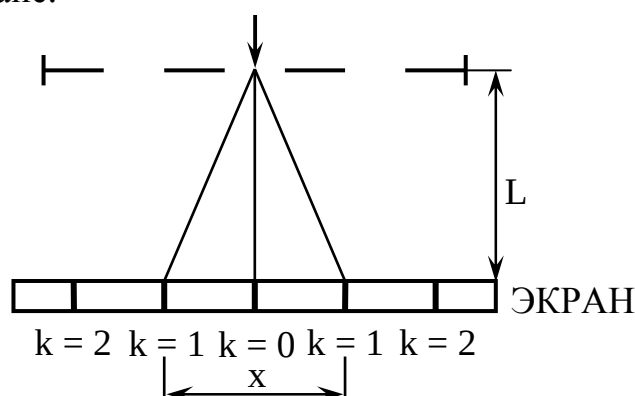


Рис. 453. К задаче 3.1431

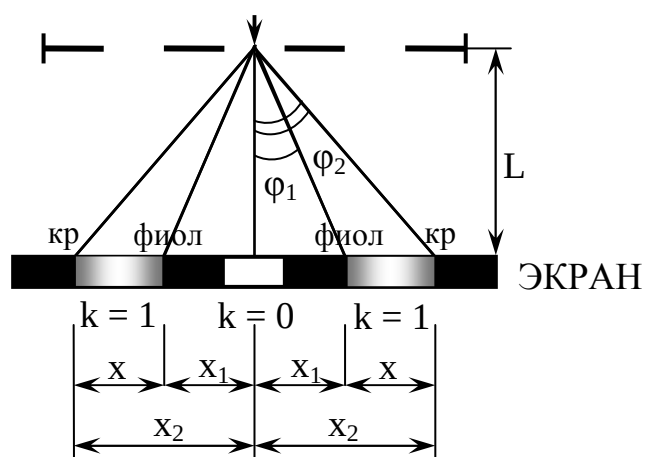


Рис. 454. К задаче 3.1432

- 3.1433. Если спектры третьего и четвертого порядка при дифракции белого света, нормально падающего на дифракционную решетку, частично перекрываются, то на длину 780 нм спектра третьего порядка накладывается длина волны четвертого порядка. Чему равна эта длина волны?
- 3.1434. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. Угол отклонения для натриевой линии ($\lambda = 5890 \text{ \AA}$) в спектре первого порядка был найден равным $17^\circ 8'$. Линия, длина волны которой неиз-

вестна, дает в спектре второго порядка угол отклонения, равный $24^{\circ}2'$. Найти длину волны этой линии и число штрихов на 1 см решетки.

- 3.1435. Определить отношение максимальной интенсивности света, пропускаемого анализатором к минимальной, если степень поляризации частично поляризованного света 0,75.
- 3.1436. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора составляет 30° . Определите изменение интенсивности прошедшего через них света, если угол между главными плоскостями равен 45° .
- 3.1437. Определите показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч полностью поляризован при угле 35° .
- 3.1438. Пучок естественного света падает на стеклянную призму с углом $\alpha=30^{\circ}$ (рис. 455). Определите показатель преломления стекла, если отраженный луч является плоскополяризованным.

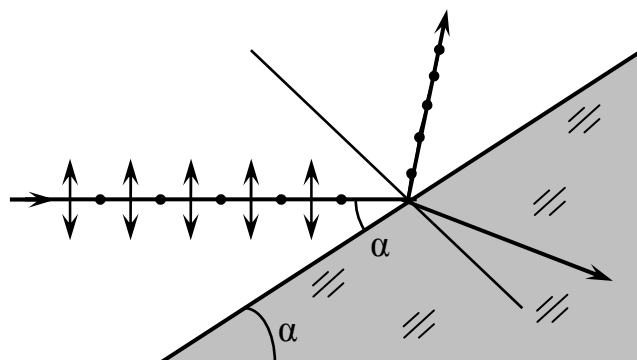


Рис. 455. К задаче 3.1438

- 3.1439. Найти угол полной поляризации при отражении света от стекла, показатель преломления которого 1,57.
- 3.1440. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы лучи, отраженные от поверхности озера ($n=1,33$), были максимально поляризованы.
- 3.1441. Определить угол полной поляризации для некоторого вещества, если известно, что предельный угол полного внутреннего отражения в этом веществе 45° .
- 3.1442. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были наиболее полно поляризованы?
- 3.1443. Отраженный от стекла луч света полностью поляризован при угле преломления 30° . Определить показатель преломления этого стекла.

3.6. Элементы квантовой, атомной и ядерной физики

3.6.1. Тепловое излучение. Фотоэффект. Квантовые свойства света

Качественные и графические задачи

- 3.1444. Как зарядить цинковую пластину, закрепленную на стержне электromетра, положительным зарядом, имея электрическую дугу, стеклянную палочку и лист бумаги? Палочкой прикасаться к пластине нельзя.
- 3.1445. При какой минимальной энергии квантов произойдет фотоэффект на цинковой пластине?
- 3.1446. Возникнет ли фотоэффект в цинке под действием излучения, имеющего длину волны 450 нм?
- 3.1447. Ученик, объясняя уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, сказал: «Энергия падающего света равна работе выхода электронов и кинетической энергии их движения». В чем неточность ответа?
- 3.1448. Вода, подкрашенная флуоресцеином, налита в пробирку и в широкий сосуд. Если часть пробирки погрузить в сосуд и установку осветить ультрафиолетовыми лучами, то в погруженной части пробирки флуоресценции не наблюдается (рис. 456). Почему?

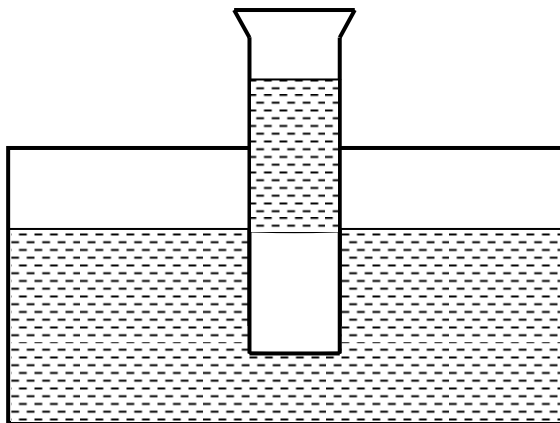


Рис. 456. К задаче 3.1448

- 3.1449. Сравнить давления света, производимые на идеально белую и идеально черную поверхности при прочих равных условиях.
- 3.1450. Доказать, что сила давления, оказываемого светом Солнца на какое-либо тело, убывает пропорционально квадрату расстояния от этого тела до Солнца.
- 3.1451. Построить график зависимость скорости фотоэлектронов от длины волны, падающей на металл, если работа выхода электронов из этого металла 2,35 эВ.

- 3.1452. Находящийся в вакууме легкий цилиндр может с очень маленьким трением вращаться вокруг своей оси (рис. 457). Половина поверхности цилиндра окрашена в черный цвет, другая половина – зеркальная. Каким будет положение устойчивого равновесия цилиндра под действием света, если световые лучи перпендикулярны оси цилиндра?

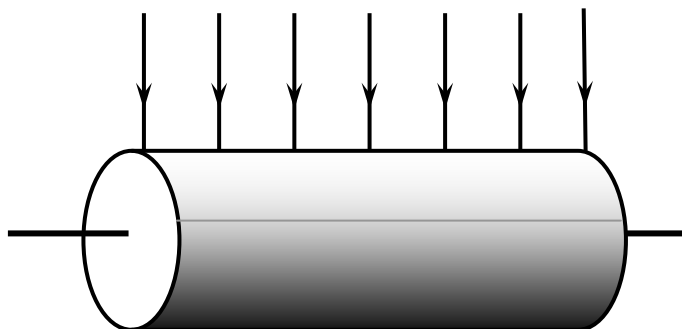


Рис. 457. К задаче 3.1452

- 3.1453. Фотокатод из вольфрама освещается светом, длина волны которого составляет 258 нм. На рисунке 458 приведен график зависимости фототока от напряжения тормозящего поля. Определите работу выхода электрона из вольфрама. Результат выразите в эВ.

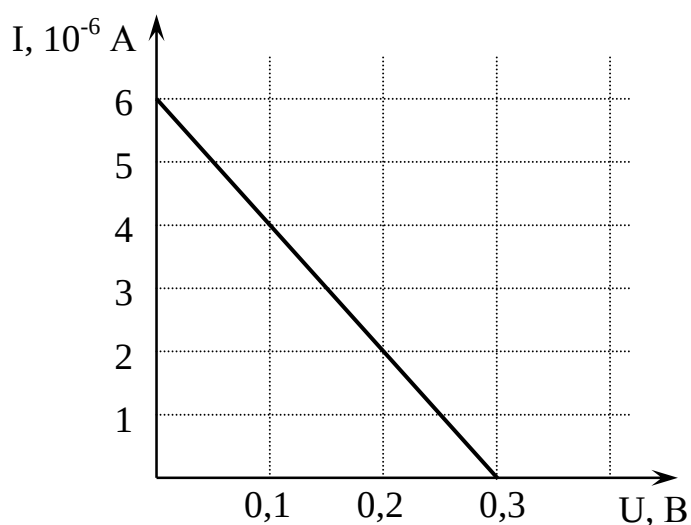


Рис. 458. К задаче 3.1453

- 3.1454. При изучении внешнего фотоэффекта в алюминии был построен график зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света (рис. 459). Определите работу выхода электронов из алюминия. Ответ дать в эВ, округлить до 2-х значащих цифр.
- 3.1455. При изучении внешнего фотоэффекта в кобальте получен график зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты

падающего света (рис. 460). При этом градуировка графика по оси E_k случайно была стерта. Определите, сколько джоулей энергии соответствует одному делению по оси E_k .

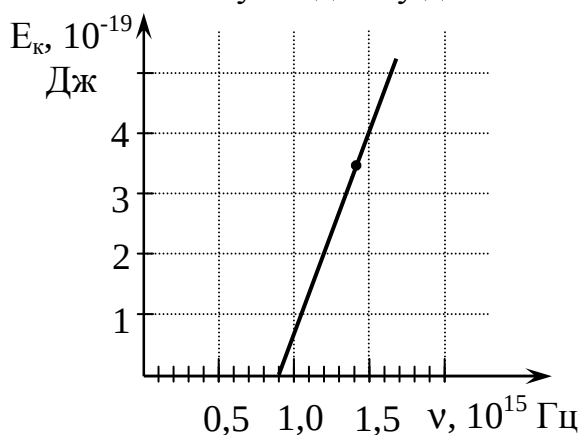


Рис. 459. К задаче 3.1454

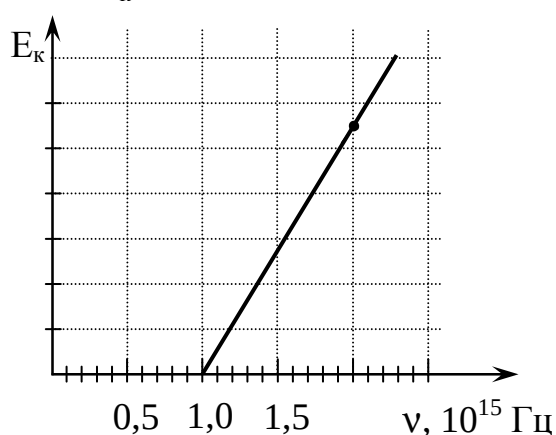


Рис. 460. К задаче 3.1455

Тестовые задания

3.1456. Были измерены спектры излучения вольфрамовой спирали лампы накаливания при четырех различных температурах. Какая кривая (1, 2, 3 или 4, рис. 461) на графике зависимости плотности излучения r_λ от длины волны λ соответствует самой высокой температуре вольфрама?

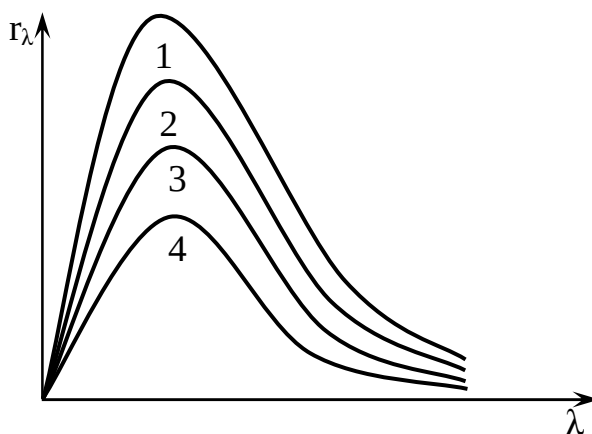


Рис. 461. К задаче 3.1456

3.1457. Какому из нижеприведенных выражений соответствует единица измерения постоянной Планка в СИ?

- 1) $\frac{кг \cdot м}{с^2}$; 2) $\frac{кг \cdot м}{с}$; 3) $\frac{кг \cdot м^2}{с}$; 4) Н·м·с.

3.1458. Были исследованы спектры теплового излучения при трех различных температурах ($T_3 > T_2 > T_1$). Какой из графиков (рис. 462) зависимости мощности излучения от частоты соответствует результатам наблюдения?

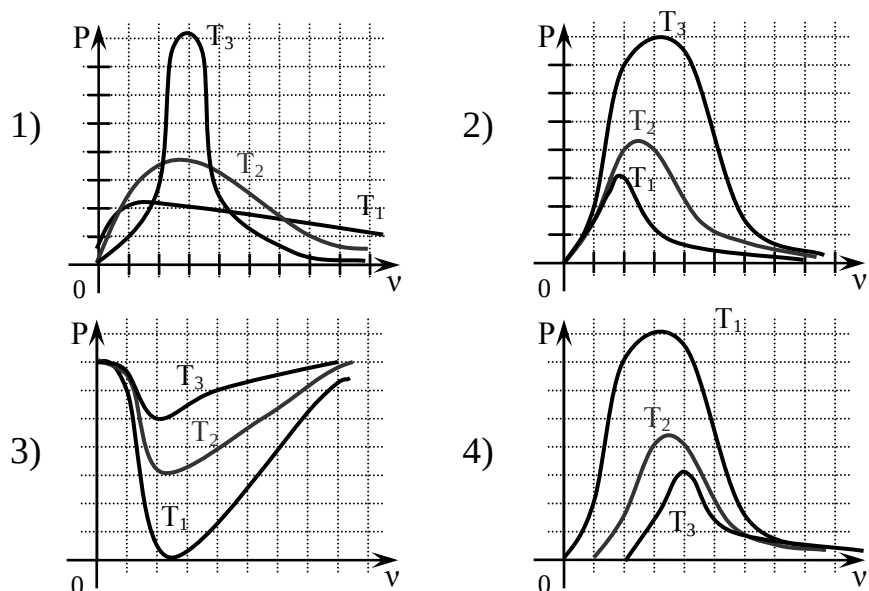


Рис. 462. К задаче 3.1458

3.1459. При уменьшении угла падения α на плоский фотокатод монохроматического излучения с неизменной длиной волны λ максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

- 1) возрастает;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется;
- 4) возрастает при $\lambda > 500$ нм и уменьшается при $\lambda < 500$ нм.

3.1460. Если скорость фотоэлектронов, выбиваемых светом с поверхности катода, при увеличении частоты света увеличивается в 3 раза, то задерживающая разность потенциалов (запирающий потенциал) в установке по изучению фотоэффекта должна

- 1) увеличиться в 9 раз;
- 2) уменьшиться в 9 раз;
- 3) увеличиться в 3 раза;
- 4) уменьшиться в 3 раза.

3.1461. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны $\lambda_{кр} = 600$ нм. При освещении этого металла светом длиной волны λ максимальная кинетическая энергия выбитых из него фотоэлектронов в 3 раза меньше энергии падающего света. Какова длина волны λ падающего света?

- 1) 133 нм; 2) 300 нм; 3) 400 нм; 4) 1200 нм.

3.1462. По какой из нижеприведенных формул, можно рассчитать импульс фотона? (E – энергия фотона; c – скорость света)

- 1) c/E ; 2) $E \cdot c^2$; 3) $E \cdot c$; 4) $E/c \cdot \lambda$.

3.1463. Какая из перечисленных ниже частиц при движении со скоростью $2 \cdot 10^4$ м/с обладает такой же кинетической энергией, как и фотон излучения с длиной волны 5 нм?

- 1) электрон; 2) протон; 3) атом водорода; 4) α -частица.

3.1464. Какой из графиков (рис. 463) соответствует зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего на фотокатод излучения?

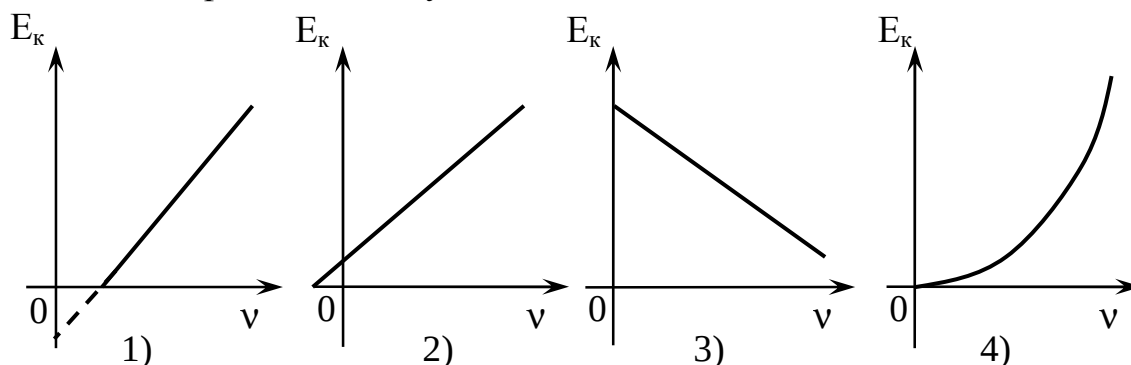


Рис. 463. К задаче 3.1464

3.1465. При изучении фотоэффекта фотокатод освещают монохроматическим светом неизменной частоты. На рисунке 464 изображен график зависимости фототока I в трубке от разности потенциалов U между анодом и катодом при неизменном световом потоке. Какой участок характеристики соответствует ситуации, когда фотоэлектроны движутся к аноду с торможением?

- 1) CB;
 2) BD;
 3) AB;
 4) AD.

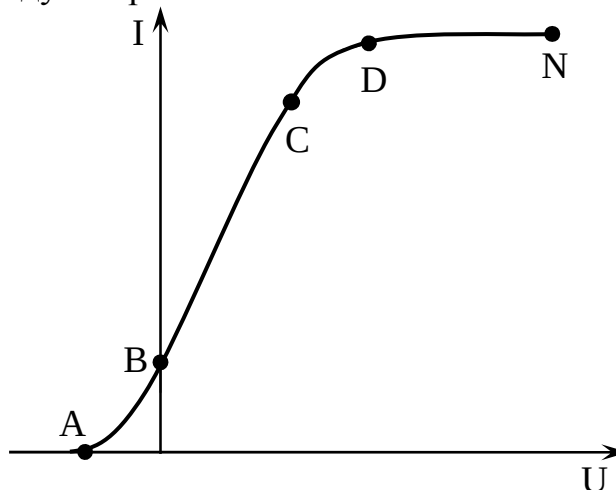


Рис. 464. К задаче 3.1465

3.1466. Какой из нижеприведенных графиков (рис. 465) отражает зависимость энергии падающих квантов, от кинетической энергии фотоэлектронов для данного вещества?

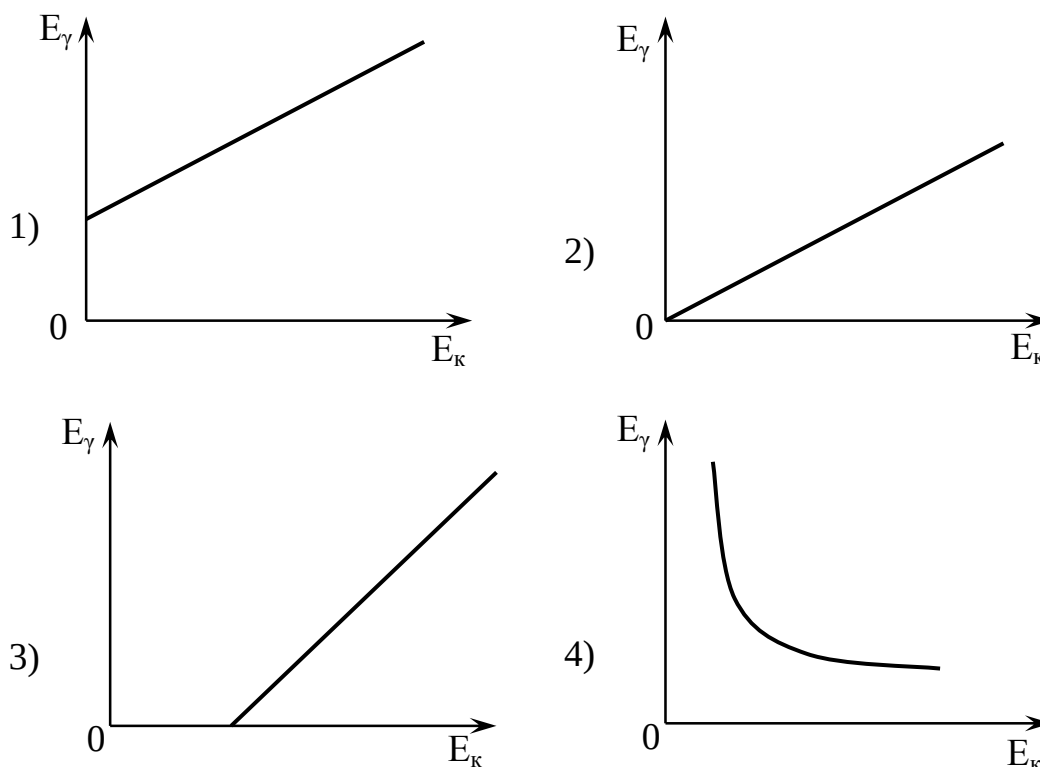


Рис. 465. К задаче 3.1466

3.1467. Какая из вольтамперных характеристик вакуумного фотоэлемента (1, 2, 3 или 4, рис. 466) соответствует максимальному числу фотонов, падающих на фотокатод в единицу времени?

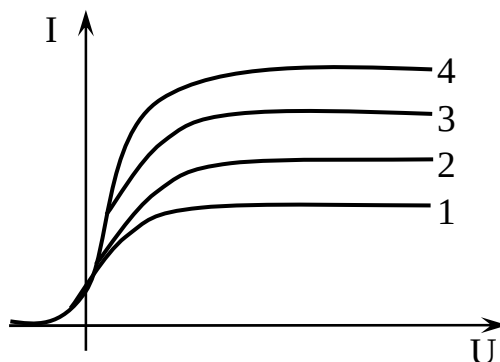


Рис. 466. К задаче 3.1467

3.1468. Импульс фотона имеет минимальное значение в диапазоне частот

- 1) инфракрасного излучения;
- 2) видимого излучения;
- 3) ультрафиолетового излучения;

- 4) рентгеновского излучения.
- 3.1469. К какому виду следует отнести лучи, импульс фотонов которых равен $8 \cdot 10^{-28}$ кг·м/с?
- 1) УФ-излучение; 2) Видимое излучение; 3) ИК-излучение;
4) γ -излучение.
- 3.1470. Во сколько раз импульс фотона видимого излучения с длиной волны 500 нм больше импульса рентгеновского излучения с частотой $3 \cdot 10^{11}$ Гц?
- 1) в 20 раз; 2) в 500 раз; 3) в 1500 раз; 4) в 2000 раз.
- 3.1471. Импульс фотона с энергией 5эВ равен
- 1) $1,7 \cdot 10^{-8}$ кг·м/с; 2) $2,4 \cdot 10^{-10}$ кг·м/с; 3) $2,7 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с; 4) $1,6 \cdot 10^{-43}$ кг·м/с.
- 3.1472. Два источника света излучают волны, длины которых $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-7}$ м и $\lambda_2 = 8 \cdot 10^{-7}$ м. Чему равно отношение импульсов p_1 / p_2 излучаемых первым и вторым источниками?
- 1) 0,25; 2) 2; 3) 0,5; 4) 4.
- 3.1473. Кинетическая энергия фотоэлектрона, вылетевшего с поверхности металла под действием фотона, равна E . Энергия этого фотона, поглощенного при фотоэффекте
- 1) больше E ; 2) меньше E ; 3) равна E ; 4) может быть больше или меньше E в зависимости от условий.
- 3.1474. Если зеркальную пластинку, на которую падает свет, заменить на зачерненную той же площади, то световое давление...
- 1) увеличится в 2 раза;
2) останется неизменным;
3) уменьшится в 2 раза;
4) уменьшится в 1,41 раза.
- 3.1475. Лазерный луч падает на идеальную черную поверхность под углом 45° к нормали и освещает участок площадью S . Если за время t лазер излучает энергию E , то давление, которое создаст свет, равно
- 1) $\frac{Ec\sqrt{2}}{tS}$; 2) $\frac{Et\sqrt{2}}{c2S}$; 3) $\frac{E}{tcS} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$; 4) $\frac{E}{tcS} \cdot \sqrt{2}$.
- 3.1476. Какое явление подтверждает гипотезу Луи де Бройля?
- 1) дифракция света;
2) дифракция электронов;
3) фотоэффект;
4) поляризация света.
- 3.1477. Сравните длины волн де Бройля для электрона, протона и α -частицы, движущихся с одной и той же скоростью.
- 1) $\lambda_e > \lambda_p > \lambda_\alpha$; 2) $\lambda_e < \lambda_p < \lambda_\alpha$; 3) $\lambda_e > \lambda_p < \lambda_\alpha$; 4) $\lambda_e = \lambda_p = \lambda_\alpha$.

3.1478. На каком из графиков (рис. 467) правильно показана зависимость волны де Бройля электрона от его скорости?

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) 4.

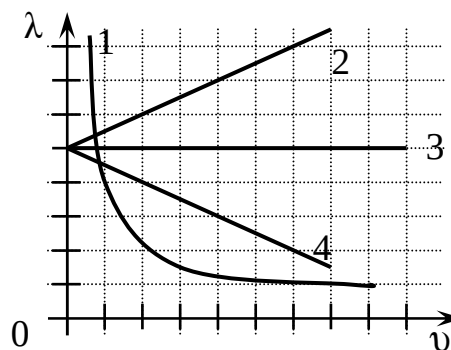


Рис. 467. К задаче 3.1478

3.1479. При увеличении и массы и скорости частицы в 2 раза длина волны де Бройля

- 1) увеличится в 2 раза;
- 2) уменьшится в 2 раза;
- 3) увеличится в 4 раза;
- 4) уменьшится в 4 раза.

3.1480. Длина волны де Бройля для частицы, обладающей импульсом $100 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ равна

- 1) $6,6 \cdot 10^{-36} \text{ м}$;
- 2) $6,6 \cdot 10^{-32} \text{ м}$;
- 3) $9,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;
- 4) $1,5 \cdot 10^{35} \text{ м}$.

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1481. Считая излучение Солнца постоянным определить: а) на сколько уменьшится масса Солнца вследствие излучения за год; б) время за которое масса Солнца уменьшится вдвое. Температура поверхности Солнца 5800 К .

3.1482. Найти массу фотона: а) красных лучей света ($\lambda = 700 \text{ нм}$); б) рентгеновских лучей ($\lambda = 25 \text{ пм}$); в) гамма-лучей ($\lambda = 1,24 \text{ пм}$).

3.1483. Найти энергию, массу и импульс фотона, если соответствующая ему длина волны $1,6 \text{ пм}$.

3.1484. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия была равна энергии фотона с длиной волны 520 нм ?

3.1485. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 520 нм ?

3.1486. Какую энергию должен иметь фотон, чтобы его масса была равна массе покоя электрона?

3.1487. При какой температуре кинетическая энергия молекулы двухатомного газа будет равна энергии фотона с длиной волны 589 нм ?

- 3.1488. Определить массу фотона, импульс которого равен импульсу молекулы водорода при температуре 20°C . Скорость молекулы считать равной средней квадратичной скорости.
- 3.1489. Определить работу выхода электронов из меди. Ответ дать в эВ.
- 3.1490. Определить красную границу фотоэффекта для калия.
- 3.1491. Определить минимальную энергию фотона вызывающего фотоэффект для некоторого металла с красной границей фотоэффекта $\lambda = 275 \text{ нм}$.
- 3.1492. Какой длины волны свет необходимо направить на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была 2 Мм/с ?
- 3.1493. Определить показатель преломления среды, в которой свет с энергией кванта ϵ имеет длину волны λ .
- 3.1494. Определить задерживающую разность потенциалов для электронов, вырываемых при освещении калия светом с длиной волны 330 нм .
- 3.1495. Задерживающая разность потенциалов при фотоэффекте с платиновой пластины $0,8 \text{ В}$. Найти длину волны применяемого облучения и предельную длину волны, при которой еще возможен фотоэффект.
- 3.1496. Определить кинетическую энергию фотоэлектронов, вырываемых с катода (рис. 468), если запирающее напряжение равно $1,5 \text{ В}$.
- 3.1497. Задерживающее напряжение для платиновой пластинки $3,7 \text{ В}$. При тех же условиях для другой пластины задерживающее напряжение равно $5,3 \text{ В}$. Определить работу выхода из этой пластинки.
- 3.1498. Определить запирающее напряжение необходимое, для того чтобы электроны, вырванные ультрафиолетовым светом с длиной волны 100 нм из вольфрамового катода, не могли создать ток в цепи.
- 3.1499. Плоский алюминиевый электрод освещается ультрафиолетовым светом с длиной волны 82 нм . Какой должна быть напряженность однородного электрического поля вне электрода, чтобы скорость фотоэлектрона, вылетевшего из электрода перпендикулярно его поверхности, на расстоянии 75 мм увеличилась вдвое? Красная граница для алюминия $9 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$.

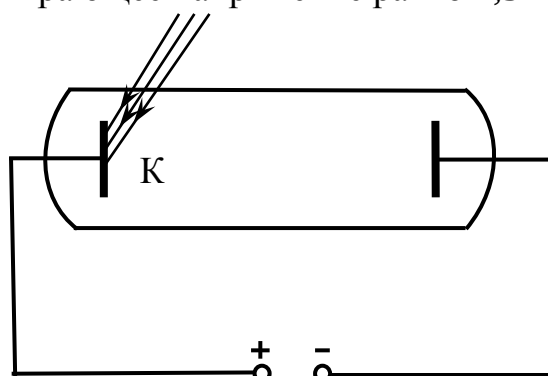


Рис. 468. К задаче 3.1496

- 3.1500. Монохроматическое излучение с длиной волны 150 нм падает на тонкую металлическую фольгу, покрытую торием (работа выхода 2,63 эВ) и находящуюся в вакууме в однородном магнитном поле. Вылетевшие из фольги, перпендикулярно линиям индукции магнитного поля, электроны движутся по окружности радиуса 15 мм. Чему равен период обращения электронов?
- 3.1501. При частоте $6 \cdot 10^{14}$ Гц у данного металла начинается фотоэффект. Определить частоту падающего света, если вылетающие с поверхности металла фотоэлектроны полностью задерживаются сеткой, потенциал которой относительно металла составляет 4 В.
- 3.1502. Определите, до какого потенциала зарядится уединенный серебряный шарик при облучении его ультрафиолетовым светом длиной волны 208 нм.
- 3.1503. При какой температуре кинетическая энергия молекулы одноатомного газа будет в 10 раз меньше энергии фотона с длиной волны 797 нм?
- 3.1504. Капля воды объемом $0,3 \text{ см}^3$ нагревается светом с длиной волны 524 нм, поглощая каждую секунду 10^{17} фотонов. Определите, на сколько нагреется капля за 10 с.
- 3.1505. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{20}$ фотонов за 1 с. Найти среднюю длину волны излучения.
- 3.1506. Свет с длиной волны 554 нм падает нормально на идеальную черную поверхность и создает давление 10 мкПа. Сколько фотонов поглощает за 1 с один квадратный метр этой поверхности?
- 3.1507. Определить напряжение, под которым работает рентгеновская трубка, если самые «жесткие» лучи в рентгеновском спектре этой трубки имеют частоту 10^{19} Гц.
- 3.1508. Рентгеновские лучи с длиной волны 70,8 пм испытывают комптоновское рассеяние на парафине. Найти длину волны рентгеновских лучей, рассеянных в направлениях $\varphi = \pi/2$; $\varphi = \pi$.
- 3.1509. На сколько изменится длина волны рентгеновских лучей при комптоновском рассеянии под углом 60° .
- 3.1510. Определить длину волны рентгеновских лучей с длиной волны 20 пм после комптоновского рассеяния под углом 90° .
- 3.1511. Графит облучается рентгеновскими лучами. Определить длину волны падающих лучей если известно что длина волны излучения рассеянного под углом 45° равна 10,7 пм.
- 3.1512. Длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния увеличилась на 0,3 пм. Определить угол рассеяния.

- 3.1513. Найти энергию электронов отдачи, если известно, что длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния увеличилась с 2 до 2,4 пм.
- 3.1514. Найти длину волны де Бройля для электронов, прошедших разность потенциалов 1 В.
- 3.1515. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите в атоме водорода, находящиеся в основном состоянии.
- 3.1516. Определите длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290 \text{ К}$.
- 3.1517. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией 15 мТл по окружности радиусом 1,4 м. Определите длину волны де Бройля для протона.
- 3.1518. Кинетическая энергия электрона 0,6 МэВ. Определить длину волны де Бройля.
- 3.1519. Определить энергию, массу и импульс кванта, если его длина волны равна 0,016 Å.
- 3.1520. Красная граница фотоэффекта для вольфрама равна 2750 Å. Найти: 1) работу выхода электрона из вольфрама; 2) максимальную скорость электронов, вырываемых из вольфрама светом с длиной волны 1800 Å; 3) максимальную энергию этих электронов.
- 3.1521. Какую энергию должен иметь фотон, чтобы масса его была равна массе электрона?
- 3.1522. Катод цезиевого вакуумного фотоэлемента освещается монохроматическим светом с длиной волны λ . Между анодом и катодом фотоэлемента приложено напряжение U . Определить скорость фотоэлектронов у анода фотоэлемента.
- 3.1523. При освещении платиновой поверхности излучением ртутной дуги длиной волны в 2040 Å величина задерживающего потенциала оказалась равной 0,8 В. Найти: 1) работу выхода электрона из платины; 2) максимальную длину волны, при которой еще возможен фотоэффект.
- 3.1524. С какой скоростью должен лететь электрон, чтобы при ударе о вольфрамовую пластинку вырвать из нее новый электрон?
- 3.1525. Монохроматический источник света, потребляя мощность 50 Вт, излучает зеленый свет длиной волны 5300 Å. Определить число световых квантов, излучаемых источником света в секунду, если его к.п.д. 0,2%.
- 3.1526. Определите максимальное изменение длины волны при комптоновском рассеянии на свободных протонах.

3.1527. Длина волны рентгеновского излучения после комптоновского рассеяния увеличилась с 2 пм до 2,4 пм. Какова кинетическая энергия вылетевших электронов и их скорость? Определите угол рассеяния рентгеновского излучения и угол между направлением вылета электронов и направлением падающего излучения.

Уровень В

3.1528. Давление монохроматического света с длиной волны 500 нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равна 0,12 мкПа. Определите число фотонов, падающих ежесекундно на 1 м² поверхности.

3.1529. Определить давление света на стенки электрической лампы мощностью 100 Вт, считая, что вся потребляемая мощность идет на излучение. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы отражают 4% и пропускают 6% падающего на них света.

3.1530. Угол рассеяния рентгеновских лучей с длиной волны 5 пм равен 30°, а электроны отдачи движутся под углом 60° к направлению падающих лучей. Найти: а) импульс электронов отдачи; б) импульс фотонов рассеянных лучей.

3.1531. Рентгеновские лучи с длиной волны 20 пм рассеиваются под углом 90°. Найти импульс электронов отдачи.

3.1532. Для определения минимальной длины волны в рентгеновском спектре пользуются формулой: $\lambda = 1,234/U$, где λ – минимальная длина волны в нм, U – напряжение на трубке в кВ. Выведите эту формулу.

3.1533. При освещении светочувствительного слоя фотоэлемента из него в направлении к аноду вырываются электроны со скоростью 10^6 м/с. Сколько электронов содержится в каждом 1 см³ электронного потока у анода сечением 2,5 см², если между чувствительным слоем и анодом приложена разность потенциалов 20 В и ток в цепи равен $3 \cdot 10^{-5}$ А?

3.1534. Гелий-неоновый лазер непрерывно излучает свет с длиной волны 630 нм. Сколько фотонов излучает лазер за одну секунду, если его мощность 2 мВт?

3.1535. Фотон с энергией $\epsilon = 300$ кэВ рассеялся под углом $\theta = 120^\circ$ на первоначально покоившемся свободном электроне. Определите энергию ϵ' и длину волны λ' рассеянного фотона.

- 3.1536. Академиком П. И. Лукирским предложен следующий метод определения постоянной Планка: поверхность металла сначала облучается светом с некоторой частотой ν_1 и определяется задерживающий потенциал U_1 , а затем та же поверхность металла облучается светом с частотой ν_2 и снова определяется задерживающий потенциал U_2 . В одном из опытов были получены следующие данные: $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$; $U_1 = 6,6 \text{ В}$; $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$; $U_2 = 16,5 \text{ В}$. По полученным результатам определить постоянную Планка.
- 3.1537. Движущаяся нейтральная частица распалась на два фотона. Какова была скорость этой частицы, если фотоны летят под углами θ_1 и θ_2 к направлению движения частицы?
- 3.1538. Определить температуру печи, если известно, что излучение из отверстия в ней площадью $6,1 \text{ см}^2$ имеет мощность $34,6 \text{ Вт}$. Считать излучение близким к излучению абсолютно черного тела.
- 3.1539. Определить мощность излучения Солнца. Температура поверхности Солнца 5800 К .
- 3.1540. Во сколько раз необходимо уменьшить температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость ослабилась в 16 раз.
- 3.1541. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру человеческого тела?
- 3.1542. До какой температуры охладилось абсолютно черное тело, имеющее температуру 2900 К , если в результате остывания длина волны на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на 9 мкм .
- 3.1543. Во сколько раз изменится мощность излучения черного тела, если длина волны, соответствующая максимуму его спектральной плотности энергетической светимости, сместилась с $\lambda_1 = 720 \text{ нм}$ до $\lambda_2 = 400 \text{ нм}$?
- 3.1544. Определить какую мощность необходимо подводить к медному шарiku диаметром 2 см , чтобы при температуре окружающей среды $t_0 = -13^\circ\text{С}$ поддерживать его температуру равной $t = 17^\circ\text{С}$. Считать что тепловые потери обусловлены только излучением. Принять поглощательную способность меди $A_T = 0,6$.
- 3.1545. Определите силу тока, протекающего по вольфрамовой проволоки диаметром $0,8 \text{ мм}$, температура которой в вакууме поддерживается постоянной и равной 2800°С . Поверхность проволоки считать серой с поглощающей способностью $A_T = 0,343$. Удельное сопротивление проволоки при данной температуре $0,92 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}$. Температуру окружающей среды 17°С .

3.6.2. Элементы атомной физики

Качественные и графические задачи

- 3.1546. Во сколько раз масса электрона меньше массы атома водорода?
- 3.1547. Одинаков ли спектр Солнца, луны, планет и звезд?
- 3.1548. Для обнаружения поверхностных дефектов в изделии на изделие наносится тонкий слой керасино-масляного раствора специального вещества, излишки которого затем удаляются. Объясните причину видимого свечения раствора при облучении ультрафиолетовым светом.
- 3.1549. Чем отличается атом, находящийся в нормальном состоянии, от атома, находящегося в возбужденном состоянии?
- 3.1550. На рисунке 469 представлена схема энергетических уровней атома водорода для значений главных квантовых чисел от 1 до 4. Какой из указанных на рисунке переходов происходит с поглощением фотона, имеющего наибольший импульс?

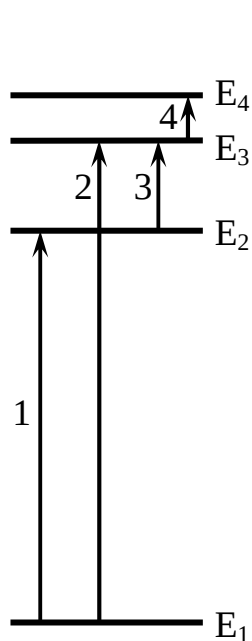


Рис. 469. К задаче 3.1550

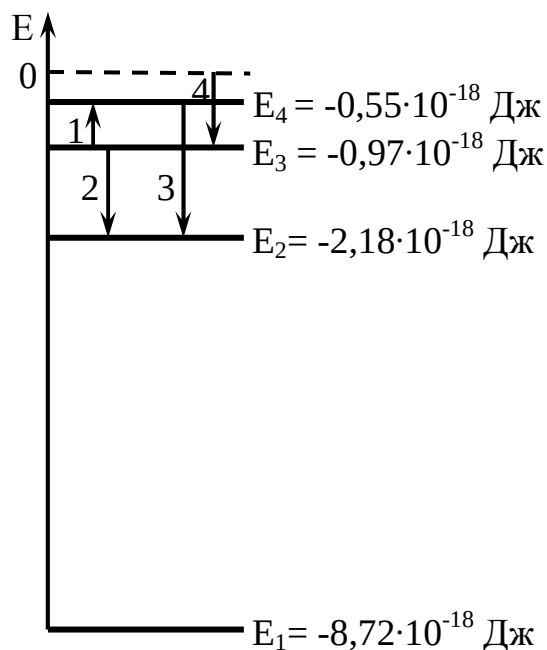


Рис. 470. К задаче 3.1551

- 3.1551. На рисунке 470 изображена схема четырех минимальных значений энергии водородоподобного иона. Из четырех показанных на рисунке переходов выберете тот, который сопровождается излучением наибольшей длины волны. Вычислите эту длину волны.

Тестовые задания

- 3.1552. Заряд атома гелия равен
 1) 2 Кл; 2) 4 Кл; 3) $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл; 4) 0.
- 3.1553. В опыте Резерфорда α -частицы рассеиваются
 1) электростатическим полем ядра атома;
 2) электронной оболочкой атомов мишени;
 3) гравитационным полем ядра атома;
 4) поверхностью мишени.
- 3.1554. В опытах Резерфорда по рассеянию α -частиц при их прохождении через золотую фольгу было обнаружено, что только одна из примерно 8000 частиц отклоняется на углы, большие 90° . Какое объяснение дал Резерфорд этому экспериментальному факту?
 1) Масса α -частиц в несколько тысяч раз меньше массы ядра золота;
 2) Скорость α -частиц в тысячи раз меньше скорости электронов в атоме;
 3) Площадь сечения ядра на несколько порядков меньше площади сечения атомов;
 4) Подавляющее большинство α -частиц поглощается фольгой.
- 3.1555. На рисунке 471 изображены схемы четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Атому $^{12}_6\text{C}$ соответствует схема

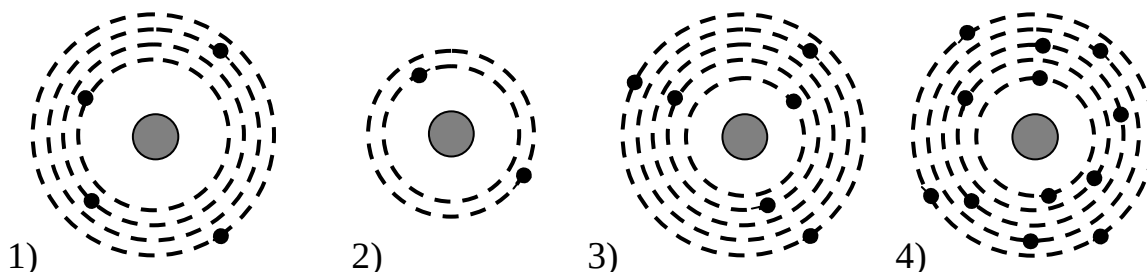


Рис. 471. К задаче 3.1555

- 3.1556. Какими способами можно перевести атом в возбужденное состояние?
 А) воздействием солнечного света;
 Б) облучением рентгеновскими лучами;
 В) облучением потоком электронов, ускоренных электрическим полем;
 1) только А; 2) только Б; 3) А и Б; 4) А, Б, В.
- 3.1557. На рисунке 472 изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы

электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой – серию Бальмера, в инфракрасной – серию Пашена.

Наибольшей частоте кванта в серии Бальмера соответствует переход...

- 1) $n = 4 \rightarrow n = 3$;
- 2) $n = 3 \rightarrow n = 2$;
- 3) $n = 5 \rightarrow n = 1$;
- 4) $n = 5 \rightarrow n = 2$.

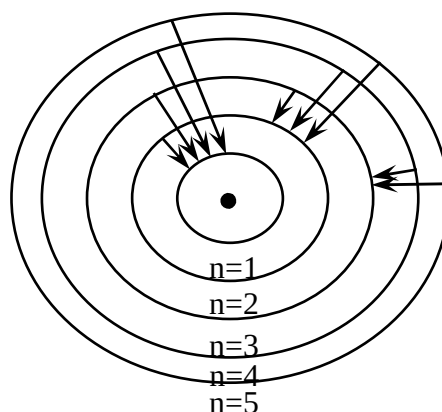


Рис. 472. К задаче 3.1557

3.1558. Энергия фотона, поглощаемого атомом при переходе из основного состояния с энергией E_0 в возбужденное состояние с энергией E_1 , равна (h – постоянная Планка)

- 1) $E_1 - E_0$;
- 2) $\frac{E_1 + E_0}{h}$;
- 3) $\frac{E_1 - E_0}{h}$;
- 4) $E_1 + E_0$.

3.1559. На рисунке 473 изображена схема возможных значений энергии атомов газа. Атомы находятся в состоянии с энергией E_3 . Какие фотоны может поглощать данный газ?

- 1) Фотоны с любой энергией, большей $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж;
- 2) Фотоны с любой энергией в пределах от 0 до $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж;
- 3) Фотоны с энергией $0,1 \cdot 10^{-18}$ Дж и $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж;
- 4) Фотоны с энергией $0,1 \cdot 10^{-18}$ Дж, $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж и любой, большей $0,2 \cdot 10^{-18}$ Дж.

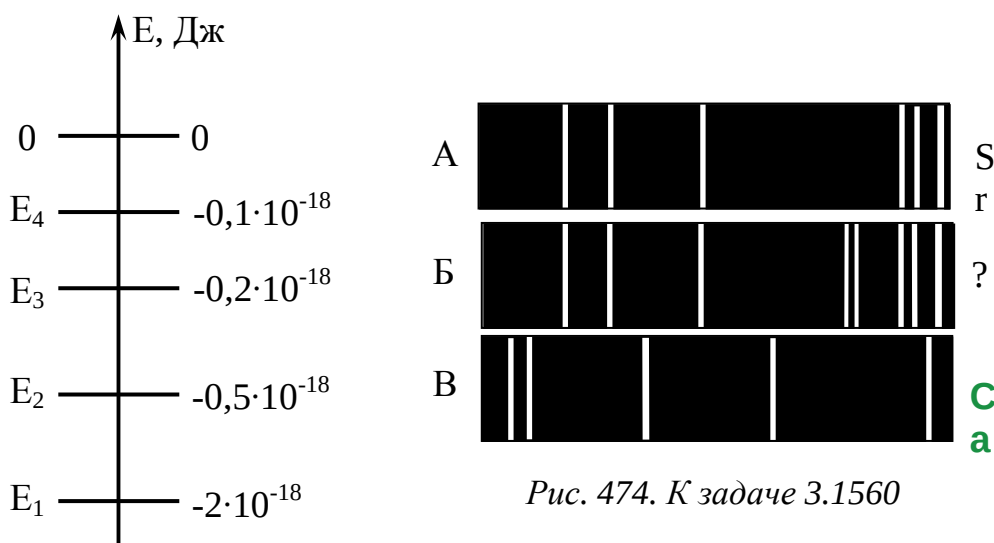


Рис. 474. К задаче 3.1560

Рис. 473. К задаче 3.1559

3.1560. На рисунках А, Б, В (рис. 474) приведены спектры излучения паров стронция, неизвестного образца и кальция. Можно утверждать, что в образце

- 1) не содержится ни стронция, ни кальция;
- 2) содержится кальций, но нет стронция;
- 3) содержатся и стронций, и кальций;
- 4) содержится стронций, но нет кальция.

3.1561. В спектре газообразного вещества имеются две линии, соответствующие длинам волн $\lambda_1 < \lambda_2$. Фотон с максимальным импульсом, покидающий светящийся газ, имеет импульс равный

- 1) $\frac{h\lambda_1}{c}$; 2) $\frac{h}{\lambda_1}$; 3) $\frac{h}{\lambda_2}$; 4) $\frac{h\lambda_2}{c}$.

3.1562. На рисунках а и б (рис. 475) изображены спектры поглощения двух газов. Какое из нижеприведенных утверждений справедливо о химическом составе неизвестного газа, если его спектр поглощения приведен на рисунке в?

- 1) его химический состав соответствует первому газу;
- 2) его химический состав соответствует второму газу;
- 3) его химический состав соответствует первому и второму газу;
- 4) его химический состав соответствует первому, второму и еще какому-то другому газу.

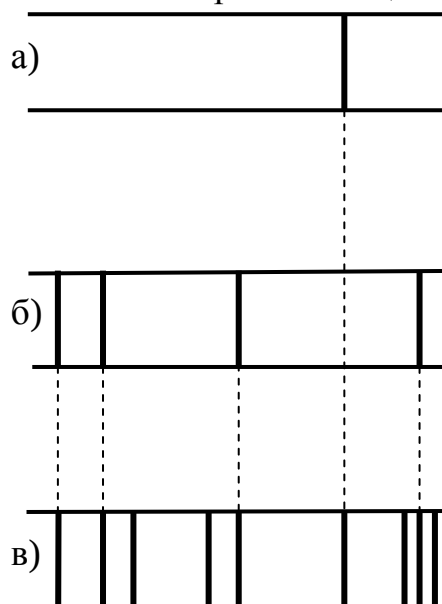


Рис. 475. К задаче 3.1562

3.1563. Атом водорода при переходе электрона из возбужденного состояния на первую стационарную орбиту излучает электромагнитную волну, относящуюся к

- 1) инфракрасному диапазону;
- 2) видимому свету;
- 3) ультрафиолетовому излучению;
- 4) рентгеновскому излучению.

3.1564. При переходе из состояния с главным квантовым числом $n = 1$ в состояние с главным квантовым числом $m = 2$ водородоподобный ион некоторого элемента поглощает квант света с энергией 40,87 эВ. Ионом какого химического элемента он является?

- 1) H; 2) He; 3) Li; 4) Be.

3.1565. В таблице 21 приведены значения энергии четырех энергетических уровней атома водорода. Излучение с наибольшей длиной волны, наблюдаемое как отдельная линия в спектре испускания водорода, может быть получено при переходе между энергетическими уровнями

Таблица 21

n	Энергия, 10^{-19} Дж	n	Энергия, 10^{-19} Дж
1	-21,8	3	-2,4
2	-5,3	4	-1,3

- 1) с $n = 4$ на $n = 1$; 2) с $n = 1$ на $n = 4$;
 3) с $n = 4$ на $n = 3$; 4) с $n = 3$ на $n = 4$.

3.1566. Излучение лазера – это ...

- 1) тепловое излучение;
 2) вынужденное индуцированное излучение;
 3) спонтанное (самопроизвольное излучение);
 4) люминесценция.

3.1567. Для генерации лазерного света используется вещество, атомы которого могут находиться в основном состоянии с энергией E_1 , метастабильном состоянии с энергией E_2 и возбужденном состоянии E_3 . При этом $E_1 < E_2 < E_3$ (рис. 476). Излучение лазера имеет частоту, равную

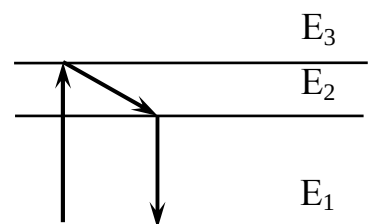


Рис. 476. К задаче 3.1567

- 1) $\frac{(E_2 - E_3)}{h}$; 2) $\frac{(E_3 - E_1)}{h}$; 3) $\frac{(E_2 - E_1)}{h}$; 4) $\frac{(E_2 + E_3 - E_1)}{h}$.

3.1568. Число фотонов, ежесекундно излучаемых лазером мощностью W , с длиной волны излучения λ в среднем равно

- 1) $\frac{W}{\lambda}$; 2) $\frac{W \cdot \lambda}{c}$;
 3) $\frac{W \cdot c}{h \cdot \lambda}$; 4) $\frac{W \cdot \lambda}{h \cdot c}$.

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.1569. Для ионизации атома азота необходима энергия 14,53 эВ, Найти длину волны излучения, которое вызовет ионизацию.
- 3.1570. На сколько изменится энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $4,86 \cdot 10^{-7}$ м.
- 3.1571. Во сколько раз изменится энергия атома водорода при переходе атома из первого энергетического состояния в третье? При переходе из четвертого энергетического состояния во второе?
- 3.1572. Во сколько раз длина волны излучения атома водорода при переходе из третьего энергетического состояния во второе больше длины волны излучения, обусловленного переходом из второго состояния в первое?
- 3.1573. Во сколько раз напряженность электрического поля на первой орбите водорода ($r = 0,53 \text{ \AA}$) больше напряженности поля в атмосфере перед сильным грозovým разрядом (10^8 В/км)?
- 3.1574. Протон движется со скоростью $7,7 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. На какое наименьшее расстояние может приблизиться этот протон к ядру атома алюминия? Влиянием электронной оболочки атома алюминия пренебречь.
- 3.1575. Вычислить силу электростатического отталкивания между ядром атома натрия и бомбардирующим его протоном, считая, что протон подошел к ядру атома натрия на расстояние $6 \cdot 10^{-14}$ м. Влиянием электронной оболочки атома натрия пренебречь.
- 3.1576. Определить скорость вращения электрона в атоме водорода, если радиус его орбиты равен $0,53 \cdot 10^{-8}$ см.
- 3.1577. Резерфорд наблюдал, что при лобовом соударении с ядрами меди α -частиц, обладающих энергией 3,9 МэВ, последние отлетают назад с энергией 3,9 МэВ. Определить отношение масс ядра меди и α -частицы.
- 3.1578. Найти кинетическую, потенциальную и полную энергии электрона на первой боровской орбите.
- 3.1579. Найти период обращения и угловую скорость электрона на первой боровской орбите атома водорода.
- 3.1580. Найти наибольшую и наименьшую длины волн спектральных линий водорода в видимой области спектра.
- 3.1581. Определить потенциал ионизации атома водорода.

- 3.1582. При переходе электрона в атоме водорода с одной орбиты на другую, радиус орбиты уменьшился в 2,25 раза. Как при этом изменилась кинетическая энергия электрона?
- 3.1583. На сколько изменится кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны 486 нм?

Уровень В

- 3.1584. При переходе в основное состояние из некоторого возбужденного состояния атомом водорода испускается квант света с длиной волны $972,54 \cdot 10^{-10}$ м. Определите главное квантовое число для возбужденного состояния.
- 3.1585. Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном, энергия которого 17,7 эВ. Определите скорость электрона за пределами атома.
- 3.1586. При переходе электрона атома водорода с одной орбиты на другую – более близкую к ядру, энергия атома уменьшается на 1,892 эВ. При этом атом водорода излучает квант света. Определить длину волны излучения.
- 3.1587. Потенциал ионизации атома водорода находящегося в основном состоянии 13,53 В, а в некотором возбужденном состоянии 1,43 В. Определите главное квантовое число для этого возбужденного состояния.
- 3.1588. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Постоянная решетки $5 \cdot 10^{-4}$ см. С какой орбиты должен перейти электрон на вторую орбиту, чтобы спектральную линию в спектре пятого порядка можно было наблюдать под углом 41° .
- 3.1589. При какой минимальной температуре атомы водорода в результате столкновения станут испускать видимый свет?
31590. Гелий-неоновый лазер, работающий в непрерывном режиме, дает излучение монохроматического света с длиной волны 630 нм, развивая мощность 40 мВт. Сколько фотонов излучает лазер за 1 с?

3.6.3. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц

Качественные и графические задачи

- 3.1591. Что называют изотопами? Приведите примеры.
- 3.1592. Что такое α -частицы? β -частицы? γ -лучи? Каковы их свойства?
- 3.1593. Что называют периодом полураспада радиоактивного элемента? Во сколько раз количество распавшихся за 75 суток ядер иридия $^{192}_{77}\text{Ir}$ будет больше распавшихся за 10 суток ядер актиния $^{225}_{89}\text{Ac}$, если в начальный момент времени количество ядер было одинаковым?
- 3.1594. Чем объясняется, что счетчик Гейгера регистрирует возникновение ионизированных частиц и тогда, когда поблизости от него нет радиоактивного препарата?
- 3.1595. Скорость α -частицы в среднем в 15 раз меньше скорости β -частицы. Почему α -частицы (жирный трек на рис. 477) слабее отклоняются магнитным полем?

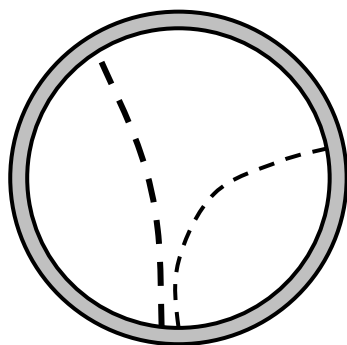


Рис. 477. К задаче 3.1595

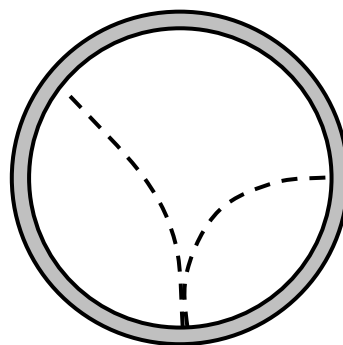


Рис. 478. К задаче 3.1596

- 3.1596. На рисунке 478 представлены следы электрона и позитрона, полученные в камере Вильсона. Камера находилась в магнитном поле, направленном от читателя перпендикулярно рисунку. Какой из следов принадлежит электрону, а какой – протону? Какая частица имеет большую кинетическую энергию?
- 3.1597. Почему α -частицы, испускаемые радиоактивными препаратами, не могут вызывать ядерных реакций в тяжелых элементах?
- 3.1598. У поверхности Земли или в верхних слоях атмосферы длина пробега α -частицы больше?
- 3.1599. Чем отличаются по своему строению ядра радиоактивных элементов от ядер атомов обычных элементов?
- 3.1600. Определить число протонов и нейтронов, входящих в состав трех изотопов магния: а) $^{24}_{12}\text{Mg}$; б) $^{25}_{12}\text{Mg}$; в) $^{26}_{12}\text{Mg}$.

3.1601. Какими цифрами обозначены α -, β -, γ -излучения на рисунке 479?

3.1602. Используя рисунок 480 определить направление индукции магнитного поля.

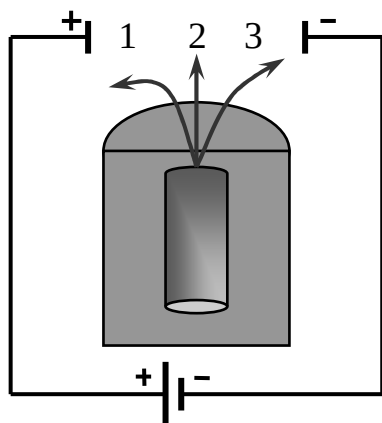


Рис. 479. К задаче 3.1601

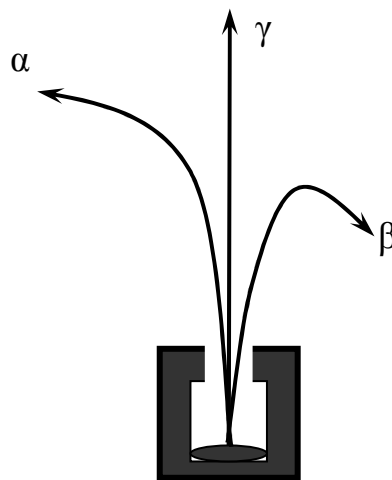


Рис. 480. К задаче 3.1602

3.1603. Почему радиоактивные препараты хранят в толстостенных свинцовых контейнерах?

3.1604. Каковы преимущества кобальтовой пушки перед рентгеновской установкой при обнаружении внутренних дефектов изделий?

3.1605. Что продолжительнее и во сколько раз – три периода полураспада или два средних времени жизни радиоактивного ядра?

3.1606. В результате одинакового числа ядерных расщеплений, получены два радиоактивных препарата с периодами полураспада, равными 1 мин и 1 ч. Какой из препаратов дает более интенсивное излучение?

3.1607. В результате какого радиоактивного распада натрий ${}^{22}_{11}\text{Na}$ превращается в магний ${}^{22}_{12}\text{Mg}$?

3.1608. В результате какого радиоактивного распада плутоний ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ превращается в уран ${}^{235}_{92}\text{U}$?

3.1609. В настоящее время можно осуществить мечту алхимиков средневековья – превратить ртуть в золото. Каким образом?

3.1610. Написать реакции α -распада урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ и β -распада свинца ${}^{209}_{82}\text{Pb}$.

3.1611. По нефтепроводу течет бензин, а вслед за ним нефть. Как небрав пробы из трубопровода определить момент, когда через данное сечение трубопровода проходит граница раздела бензина и нефти?

3.1612. При прохождении слоя защитного покрытия толщиной h гамма-излучение ослабевает в 2 раза. Доказать, что при прохождении слоя толщиной $n \cdot h$ излучение ослабевает в 2^n раз. Здесь n – целое число.

Чему будет при этом равна энергия излучения E , если до прохождения покрытия она была равна E_0 ?

- 3.1613. При проведении медицинского обследования в кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего ^{24}Na . На рисунке 481 показан график изменения с течением времени числа атомов этого изотопа в 1 см^3 крови человека. Через сколько часов их число уменьшится в 1024 раза?

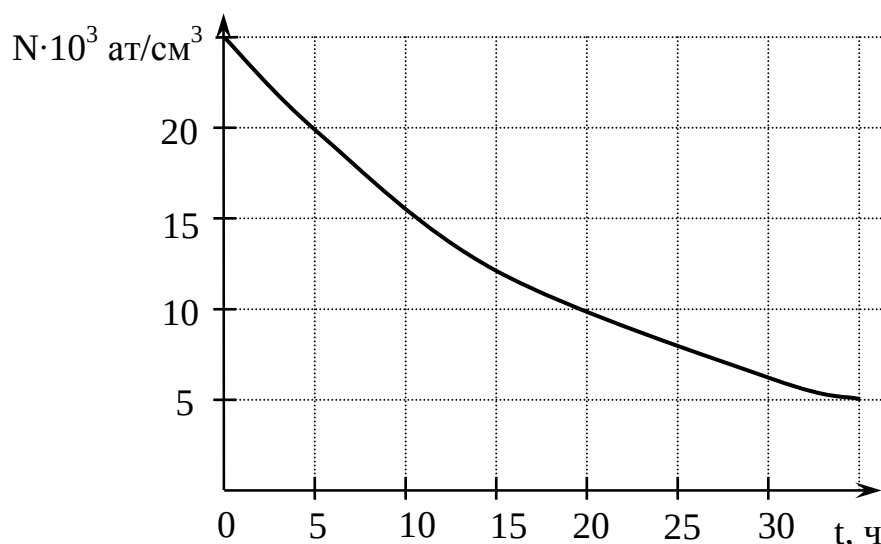


Рис. 481. К задаче 3.1613

- 3.1614. Что такое элементарные частицы и каково их главное свойство?
- 3.1615. Нарисовать схемы атомов гелия и антигелия. Указать, из каких элементарных частиц они состоят.
- 3.1616. На рис. 482 показан результат столкновения ядра углерода, имевшего энергию $6 \cdot 10^7$ эВ – жирная линия), с ядром атома серебра фотоэмульсии. Что означает возникшее при этом многообразие треков?
- 3.1617. Что понимается под веществом и антивеществом?
- 3.1618. Написать реакцию распада свободного нейтрона и назвать элементарные частицы, на которые он распадается.
- 3.1619. Какие физические системы из элементарных частиц образуются в результате существования между ними слабого взаимодействия?
- 3.1620. Привести пример опыта, подтверждающего реальность явления превращения электромагнитного поля в вещество. Написать реакцию превращения поля в вещество.
- 3.1621. Какие физические системы образуются из элементарных частиц в результате существования между ними гравитационного взаимодействия?

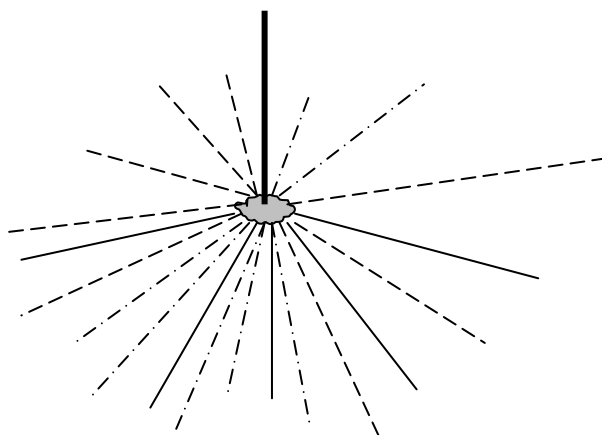


Рис. 482. К задаче 3.1616

- 3.1622. Почему при захвате свободного нейтрона ядром урана-235 происходит его деление?
- 3.1623. Какие вещества применяются в ядерных реакторах в качестве замедлителей быстрых нейтронов?
- 3.1624. Существует ли для протонов, нейтронов и электронов потенциальный барьер, препятствующий проникновению их в ядро атома? Почему?
- 3.1625. В каком виде освобождается внутриядерная энергия в атомном реакторе, работающем на медленных нейтронах?
- 3.1626. Каким способом получают радиоактивные изотопы химических элементов? Почему при этом возникает радиоактивность атомов?
- 3.1627. Каковы необходимые условия возникновения и протекания цепной ядерной реакции при делении тяжелых ядер атомов?
- 3.1628. Каковы экономические преимущества реакторов на быстрых нейтронах по сравнению с ядерными реакторами на медленных нейтронах?
- 3.1629. Какие химические элементы являются ядерным горючим в атомных реакторах?
- 3.1630. Что такое коэффициент размножения нейтронов и каким он должен быть при цепной ядерной реакции?
- 3.1631. Написать ядерную реакцию превращения ${}_{92}^{238}\text{U}$ в плутоний ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ при захвате быстрого нейтрона в ядерном реакторе.
- 3.1632. Перечислить основные элементы (системы) ядерного реактора на медленных нейтронах.
- 3.1633. Выразить энергию покоя электрона в энергетических единицах (в джоулях и мегаэлектрон-вольтах). Масса покоя электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

- 3.1634. Почему ядерные реакции синтеза легких ядер атомов называются термоядерными?
- 3.1635. Может ли выделяться энергия при синтезе ядер атомов химических элементов, расположенных в средней части периодической системы элементов Д.И. Менделеева? Почему?
- 3.1636. Написать ядерную реакцию синтеза легких ядер дейтерия и трития в ядро гелия и определить энергетический выход этой реакции.
- 3.1637. Что является источником энергии звезд?

Тестовые задания

- 3.1638. Ядро атома состоит из
- 1) нейтронов и электронов;
 - 2) протонов и нейтронов;
 - 3) протонов и электронов;
 - 4) нейтронов.
- 3.1639. Какая из строчек таблицы 22 правильно отражает структуру ядра $^{48}_{20}\text{Ca}$?

Таблица 22

P – число протонов	n – число нейтронов
48	68
28	20
20	48
20	28

- 3.1640. Чему равно число нейтронов в ядре $^{238}_{92}\text{U}$?
- 1) 0;
 - 2) 92;
 - 3) 146;
 - 4) 238.
- 3.1641. Заряд ядра равен $19,2 \cdot 10^{-19}$ Кл. Ядру какого из нижеприведенных нейтральных атомов соответствует этот заряд?
- 1) $^{27}_{13}\text{Al}$;
 - 2) $^{35}_{17}\text{Cl}$;
 - 3) $^{24}_{12}\text{Mg}$;
 - 4) $^{12}_6\text{C}$.
- 3.1642. В процессе сильного взаимодействия принимают участие...
- 1) протоны;
 - 2) электроны;
 - 3) фотоны;
 - 4) протоны и электроны.
- 3.1643. γ -излучение объясняется тем, что:
- 1) атом переходит из возбужденного состояния в основное;

- 2) в атомном ядре нейтрон распадается на протон и электрон;
- 3) в атомном ядре протон распадается на нейтрон и электрон;
- 4) атомное ядро переходит из возбужденного состояния в основное.

3.1644. Какова причина сил, отклоняющих α -частицы от прямолинейной траектории в опытах Резерфорда?

- 1) гравитационная;
- 2) электромагнитная;
- 3) ядерная;
- 4) гравитационная и ядерная.

3.1645. В периодической системе Менделеева указаны следующие номера и молярные массы элементов: Н (№1; 1,00794), He (№2; 4,0026), Li (№3; 6,941), Be (№4; 9,01218), B (№5; 10,811). Выберите диаграмму (рис. 483), правильно отражающую соотношение числа протонов и нейтронов в ядрах наиболее распространенных изотопов различных элементов. Светлые квадратики на диаграмме – протоны, заштрихованные – нейтроны.

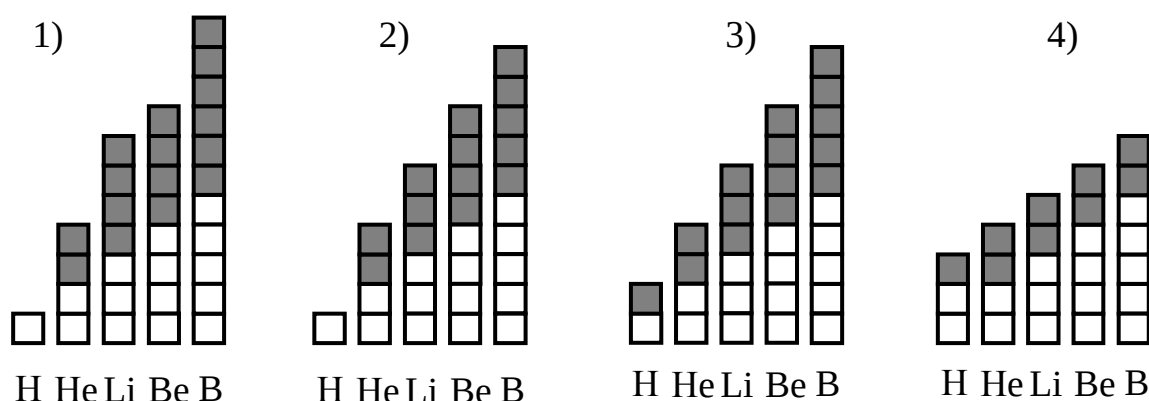


Рис. 483. К задаче 3.1645

3.1646. Поток α -частиц при своем движении в течение одной минуты создает в пространстве конвекционный ток 3,2 мА. Каково число этих частиц в данном пучке?

- 1) $12 \cdot 10^{17}$; 2) $6 \cdot 10^{17}$; 3) $1,2 \cdot 10^{17}$; 4) $2 \cdot 10^{16}$.

3.1647. Устройство, в котором регистрация траектории быстрых заряженных частиц осуществляется за счет конденсации перенасыщенных паров воды при ионизации воздуха пролетающими частицами, называется

- 1) Счетчик Гейгера;
- 2) Камера Вильсона;
- 3) Пузырьковая камера;
- 4) Толстослойная фотоэмульсия.

3.1648. На рисунке 484 показан трек частицы в камере Вильсона, перегороденной твердой пластинкой. Как двигалась частица и каков ее заряд, если вектор индукции магнитного поля направлен от читателя перпендикулярно плоскости рисунка.

- 1) вниз, заряд положительный;
- 2) вниз, заряд отрицательный;
- 3) вверх, заряд положительный;
- 4) вверх, заряд отрицательный.

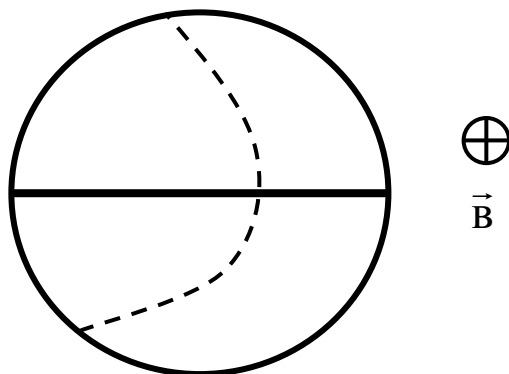


Рис. 484. К задаче 3.1648

3.1649. Какой порядковый номер в таблице Менделеева имеет элемент, который образуется в результате α -распада и последующего β -распада ядра элемента с порядковым номером Z ?

- 1) $Z + 2$; 2) $Z + 1$; 3) $Z - 2$; 4) $Z - 1$.

3.1650. Полоний $^{214}_{84}\text{Po}$ превращается в висмут $^{210}_{83}\text{Bi}$ в результате радиоактивных распадов:

- 1) одного α и одного β ;
- 2) одного α и двух β ;
- 3) двух α и одного β ;
- 4) двух α и двух β .

3.1651. Период полураспада ядер атомов некоторого вещества составляет 45 мин. Это означает, что

- 1) за 45 мин атомный номер каждого атома уменьшится вдвое;
- 2) каждые 45 мин распадается один атом;
- 3) половина изначально имеющихся атомов распадется за 45 мин;
- 4) все изначально имеющиеся атомы распадутся через 45 мин.

3.1652. Какая доля радиоактивных атомов распадется через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

- 1) 25%; 2) 50%; 3) 75%; 4) Все атомы распадутся.

3.1653. На рисунке 485 приведена зависимость числа нераспавшихся ядер N от времени в процессе радиоактивного распада для трех изотопов. Для какого из них период полураспада минимален?

- 1) I;
- 2) II;
- 3) III;
- 4) у всех одинаков.

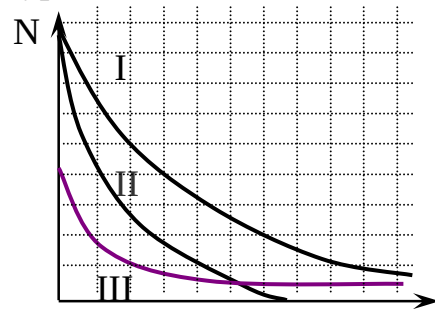


Рис. 485. К задаче 3.1653

3.1654. Какое количество ядер изотопа йода $^{128}_{53}\text{I}$ из 10^8 изначально имеющих останется нераспавшимися через 50 мин? Период полураспада изотопа $^{128}_{53}\text{I}$ 25 мин.

- 1) $\sim 2,5 \cdot 10^7$;
- 2) $\sim 5 \cdot 10^7$;
- 3) $\sim 7,5 \cdot 10^7$;
- 4) $\sim 10^8$.

3.1655. Чему равна энергия связи ядра гелия ^4_2He ?

- 1) 2,3 МэВ;
- 2) 27,4 МэВ;
- 3) 45,6 МэВ;
- 4) 228 МэВ.

3.1656. На рисунке представлены зависимости числа N нераспавшихся ядер от времени в процессе радиоактивного распада для четырех изотопов. У какого из изотопов (1, 2, 3 или 4, рис. 486) период полураспада наименьший?

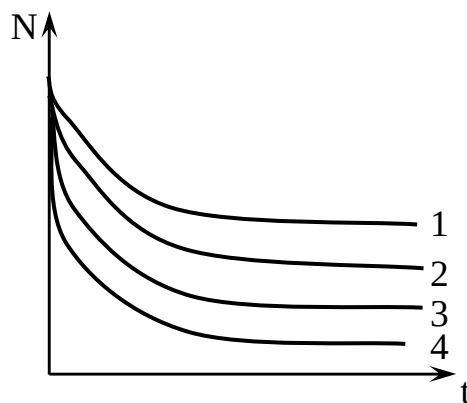


Рис. 486. К задаче 3.1656

3.1657. При самопроизвольном распаде ядра энергия

- 1) выделяется;
- 2) поглощается;
- 3) сначала поглощается, а потом выделяется;
- 4) не выделяется и не поглощается.

3.1658. Какой из графиков (рис. 487) верно изображает зависимость числа распавшихся радиоактивных атомов N_p в зависимости от времени t ?

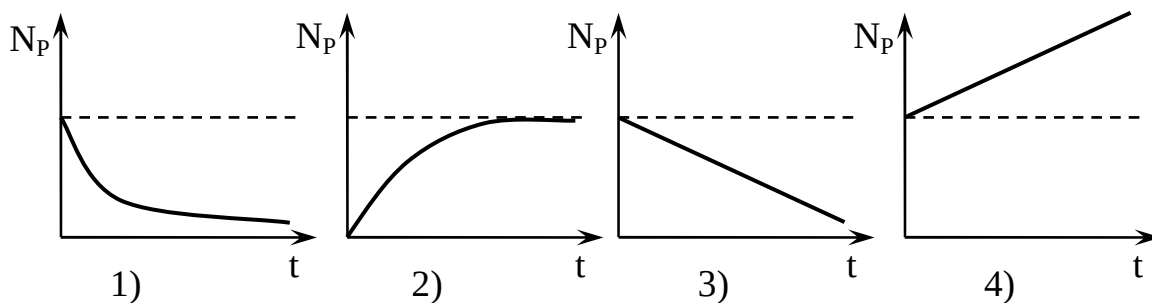
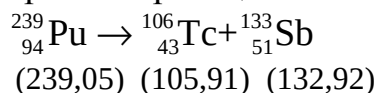


Рис. 487. К задаче 3.1658

3.1659. Ниже записана ядерная реакция, а в скобках указаны массы (в атомных единицах массы) участвующих в ней частиц. Поглощается или выделяется энергия при этой реакции?



- 1) Выделяется;
- 2) Поглощается;
- 3) Не поглощается и не выделяется;
- 4) Недостаточно данных для ответа.

3.1660. Какой из графиков (рис. 488) верно изображает зависимость удельной энергии связи нуклонов в ядре от массового числа A ?

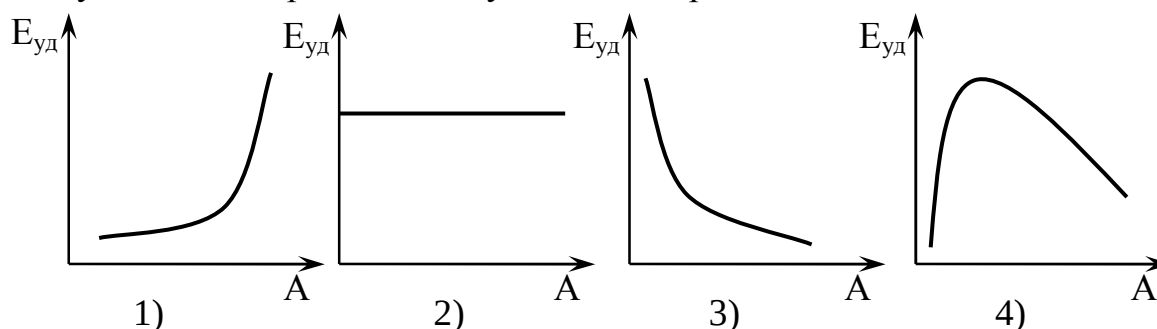


Рис. 488. К задаче 3.1660

3.1661. На рисунке 489 представлены графики зависимости удельной энергии $E_{\text{уд}}$ связи нуклонов в ядре атома от массового числа A атома. При распаде какого из ядер, отмеченных на кривой, может выделяться энергия?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

3.1662. В реакции радиоактивного превращения ядра ${}_{19}^{40}\text{K}$ в ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ вылетает одна частица с массой покоя, не равной нулю. Это

- 1) нейтрон; 2) позитрон; 3) протон; 4) электрон.

3.1663. Для возникновения цепной реакции при делении тяжелых ядер наиболее существенно соотношение числа образующихся в ядерной реакции и поглощаемых в системе

- 1) γ -кванов; 2) нейтронов; 3) α -частиц; 4) электронов.

3.1664. На рисунке 490 изображена блок-схема атомной электростанции. Какой цифрой обозначена зона, в которой тяжелые ядра радиоактивного топлива делятся с выделением энергии?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

3.1665. Как изменяется полная энергия системы при распаде ядра гелия на составляющие его частицы?

- 1) Увеличивается;

- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется;
- 4) увеличивается или уменьшается в зависимости от начального расстояния между ядрами дейтерия.

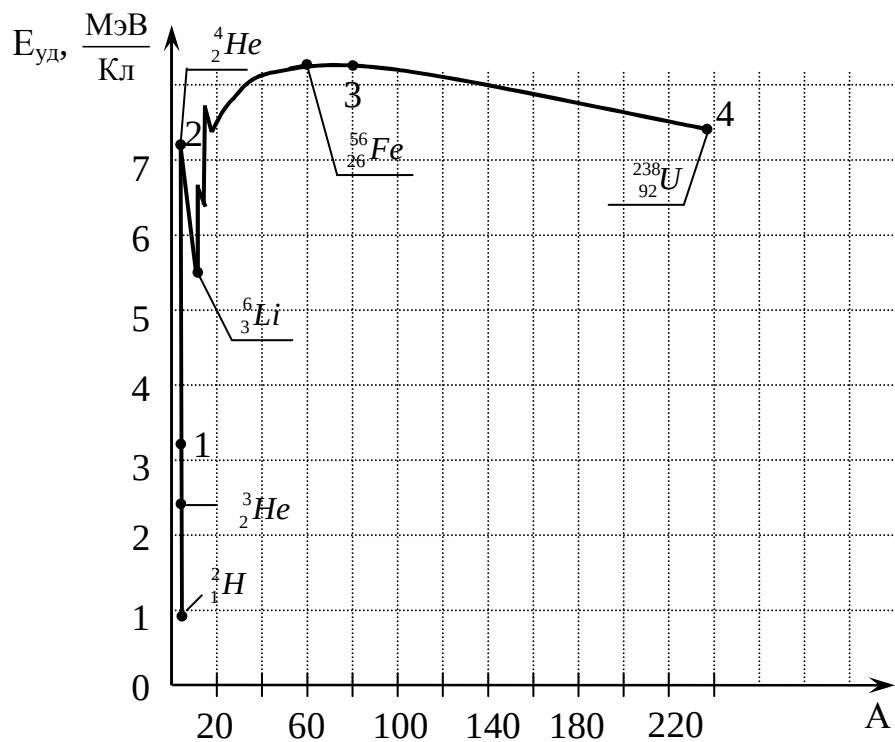


Рис. 489. К задаче 3.1661

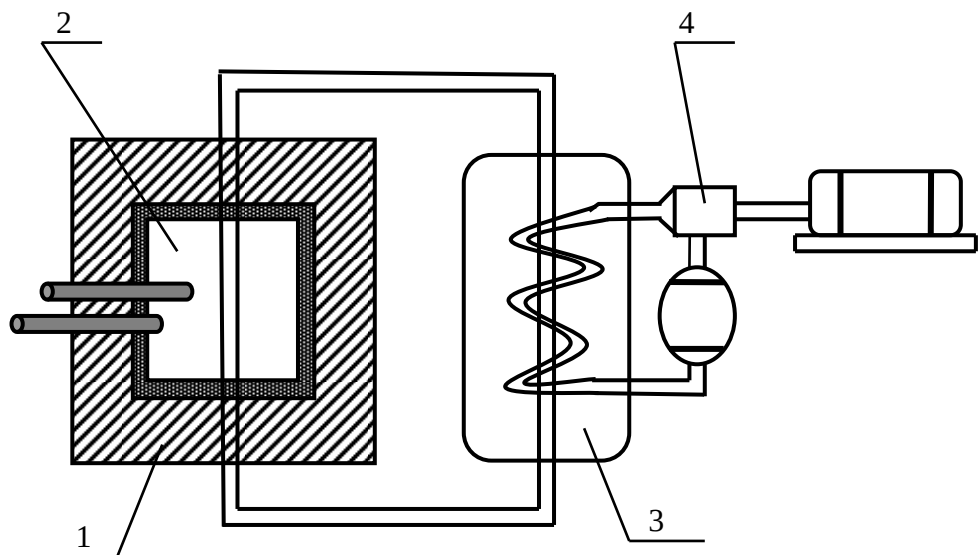


Рис. 490. К задаче 3.1664

3.1666. На рисунке 491 схематически изображен график зависимости удельной энергии связи нуклонов в ядре $E_{уд}$ от массового числа ядра A . Стрелки А, Б и В указывают направления протекания возмож-

ных ядерных реакций слияния одинаковых ядер (А и Б) и распада ядра на два одинаковых осколка (В). Количество выделившейся в реакции энергии

- 1) максимально в случае А;
- 2) максимально в случае Б;
- 3) максимально в случае В;
- 4) одинаково во всех случаях.

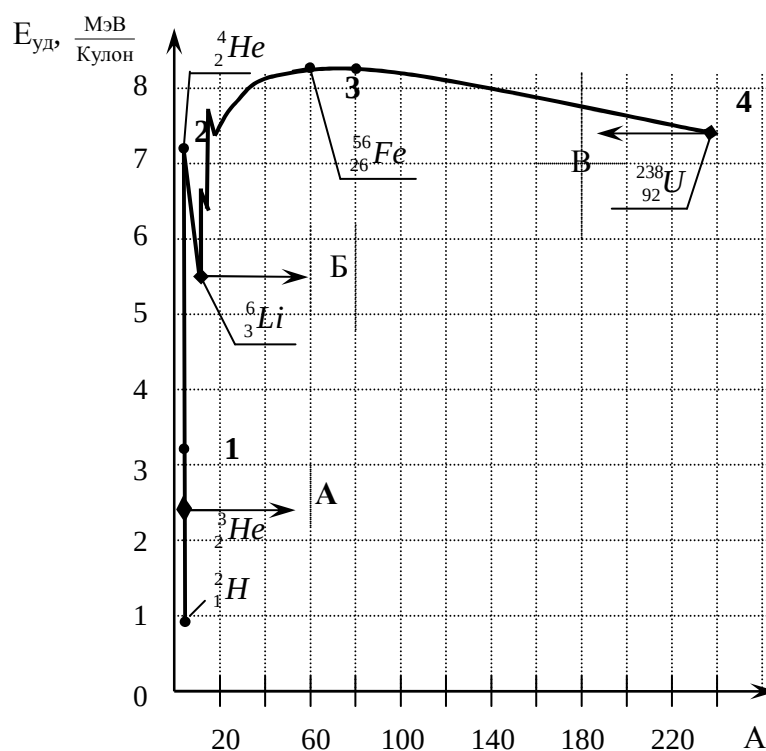


Рис. 491. К задаче 3.1666

3.1667. Каким должен быть коэффициент размножения нейтронов в ядерном реакторе, обеспечивающим работу турбины атомной электростанции?

- 1) значительно меньше единицы;
- 2) значительно больше единицы;
- 3) примерно равным единице, но все же немного больше ее, $1 < k \leq 1,1$;
- 4) примерно равным единице, но все же немного меньше ее, $0,95 \leq k < 1$.

3.1668. В результате аннигиляции медленных электрона и позитрона получается

- 1) два протона;
- 2) нейтрон;
- 3) протон и нейтрон;
- 3) два γ -кванта.

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.1669. Оцените плотность ядерной материи.
- 3.1670. Определите отношение площадей поперечного сечения атомов $^{197}_{79}\text{Au}$ и серебра $^{107}_{47}\text{Ag}$.
- 3.1671. Какую часть массы нейтрального атома $^{12}_6\text{C}$ ($m = 19,9272 \cdot 10^{-27}$ кг) составляет масса его электронной оболочки.
- 3.1672. Какова скорость электрона, влетающего в камеру Вильсона (рис. 492), если радиус трека равен 4 см, а индукция магнитного поля 8,5 мТл?

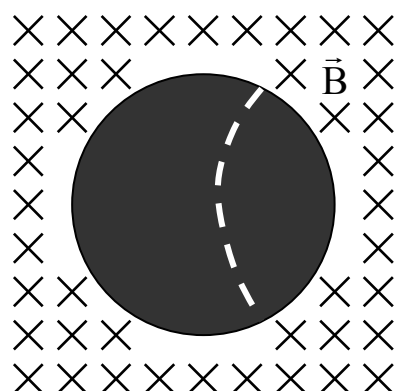


Рис. 492. К задаче 3.1672

- 3.1673. Сколько из 10^6 атомов полония распадётся за 1 сутки?
- 3.1674. Сколько из 10^6 атомов радона распадётся за 1 сутки?
- 3.1675. Какой изотоп образуется из $^{238}_{92}\text{U}$ после трех α -распадов и двух β -распадов?
- 3.1676. Ядро нептуния $^{237}_{93}\text{Np}$, испытав серию α - и β -распадов, превратилось в ядро висмута $^{209}_{83}\text{Bi}$. Определите общее количество α - и β -распадов.
- 3.1677. Найти энергию связи а) ядра изотопа лития ^7_3Li ; б) ядра атома гелия ^4_2He в) ядра атома алюминия $^{27}_{13}\text{Al}$.
- 3.1678. Найти энергию связи, приходящуюся на один нуклон в ядре атома кислорода $^{16}_8\text{O}$.
- 3.1679. Определить энергию, выделяющуюся при реакции $^7_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^4_2\text{He}$.
- 3.1680. Какая энергия выделяется при термоядерной реакции $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$?

- 3.1681. В результате термоядерной реакции соединения двух протонов образуется дейтрон и нейтрино. Какая еще образуется частица?
- 3.1682. Найти частоту γ -излучения, образующегося при термоядерной реакции: ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \gamma$, если α -частица приобретает энергию 19,7 МэВ.
- 3.1683. Какая энергия выделяется при синтезе ядра ${}^4_2\text{He}$ из дейтерия и трития?
- 3.1684. Какое количество электроэнергии в киловатт-часах можно получить при сжигании в реакторе с КПД, равным 25%, 1 кг урана ${}^{235}_{92}\text{U}$, если при распаде одного ядра выделяется $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж энергии?
- 3.1685. Во сколько раз энергия, выделяемая при ядерном делении 1 кг урана, больше количества теплоты, получаемой при сгорании цистерны нефти, имеющей массу 50 т.
- 3.1686. Ядерный реактор превращает за сутки в энергию 1 г урана. Определить мощность реактора.
- 3.1687. Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующей в сутки 220 г изотопа урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ и имеющего КПД 25%?
- 3.1688. При делении одного ядра изотопа урана-235 освобождается 200 МэВ энергии. Определить энергию, которая выделится при делении всех ядер 0,2 кг урана-235.
- 3.1689. Выразить энергию покоя протона в энергетических единицах (Дж и МэВ).
- 3.1690. При делении одного ядра изотопа урана-235 освобождается 200 МэВ энергии. Определить энергию, которая выделится при делении всех ядер 10 кг урана. (Ответ дать в Дж и МэВ)

Уровень В

- 3.1691. Масса атома хлора $M = 35,5$ а.е.м. Хлор имеет два изотопа: ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ с массой атома $M_1 = 35$ а.е.м. и ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ с массой атома $M_2 = 37$ а.е.м. Найти их процентное содержание.
- 3.1692. Определить активность 1 г радия.
- 3.1693. Определить массу радона, активность которого $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.
- 3.1694. Определите, во сколько раз начальное количество ядер радиоактивного изотопа уменьшится за три года, если за один год оно уменьшилось в 4 раза.
- 3.1695. Постоянная распада для некоторого радиоактивного изотопа $4 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$. Через какое время распадется 75% первоначальной массы атомов.

- 3.1696. Начальная активность 1 г изотопа радия $^{226}_{88}\text{Ra}$ равна 1 Ки. Определите период полураспада этого изотопа.
- 3.1697. Толщина h слоя перекрытия, ослабляющего данное ионизирующее излучение в 2 раза, носит название толщины слоя половинного ослабления. Доказать, что слой толщиной $H=n\cdot h$ ослабляет излучение в 2^n раз.
- 3.1698. Толщина слоя половинного ослабления для воды равна 3 см. Во сколько раз ослабит нейтронное излучение слой воды толщиной 30 см?
- 3.1699. Средняя поглощенная доза излучения сотрудником, работающим с рентгеновской установкой, равна 7 мкГр за 1 ч. Опасна ли работа сотрудника в течение 200 дней в году по 6 ч в день, если предельно допустимая доза облучения равна 50 мГр в год?
- 3.1700. Какую массу воды, взятой при температуре 0°C , можно довести до кипения, используя энергию термоядерной реакции синтеза гелия из дейтерия и трития, если КПД преобразования энергии 10%? Масса синтезированного гелия 1 г.
- 3.1701. Определите минимальную энергию и частоту гамма-кванта, способного «разбить» ядро дейтерия на протон и нейтрон.
- 3.1702. Какую массу урана-235 расходует атомная станция мощностью 10^3 МВт имеющая КПД 20%? Считать, что при каждом делении ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.
- 3.1703. В ядерном реакторе для замедления нейтронов используется графит. Какую часть своей энергии нейтрон с массой m_0 может передать ядру углерода при центральном упругом ударе?
- 3.1704. Сколько железнодорожных вагонов массой 60 т каждый можно было бы поднять на высоту 1 км за счет энергии, вырабатываемой АЭС мощностью 10^3 МВт с КПД 20% за сутки? На сколько при этом уменьшится масса ядерного горючего?
- 3.1705. Гамма-излучение лучше всего поглощают свинец. Толщина слоя половинного ослабления γ -лучей у свинца $h=2$ см. Какой толщины H нужен слой свинца, чтобы ослабить γ -излучения в 128 раз?
- 3.1706. Неподвижный нейтральный π -мезон (квант ядерного поля), масса покоя которого $2,4\cdot 10^{-28}$ кг, распадаясь, превращается в два одинаковых кванта. Определить энергию каждого рожденного кванта. (Ответ дать в Дж и МэВ.)
- 3.1707. Определить энергию, которая выделится при аннигиляции протона и антипротона, если масса покоя протона равна $1,673\cdot 10^{-27}$ кг.
- 3.1708. Определить энергию, которая выделится при аннигиляции электрона и позитрона, если масса покоя электрона равна $9\cdot 10^{-31}$ кг.

- 3.1709. Определить энергию, которая выделится при аннигиляции нейтрона и антинейтрона, если масса покоя нейтрона равна $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг.
- 3.1710. При аннигиляции нейтрона и антинейтрона образуется два одинаковых π -мезона (кванты ядерного поля). Определить энергию каждого π -мезона, если кинетическая энергия частиц до аннигиляции была ничтожно мала. Масса покоя нейтрона равна $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг. (Ответ дать в Дж и МэВ).
- 3.1711. Энергия связи ядра, состоящего из трех протонов и четырех нейтронов, равна 39,3 МэВ. Определите массу нейтрального атома, обладающего этим ядром.
- 3.1712. Определить энергию, которая выделится при полной аннигиляции 1 кг вещества и 1 кг антивещества, если кинетическая энергия этих масс равна нулю.
- 3.1713. При реакции деления ядер урана-235 выделилось $1,204 \cdot 10^{26}$ МэВ энергии. Определить массу распавшегося урана, если при делении одного ядра выделяется 200 МэВ энергии.
- 3.1714. При реакции деления урана-235 распалась некоторая масса урана и выделилась энергия $E = 2,56 \cdot 10^{28}$ МэВ. Определить массу распавшегося урана, если при делении одного ядра выделяется 200 МэВ энергии.
- 3.1715. При захвате ядром ${}_{92}^{238}\text{U}$ нейтрона происходит деление его на ядро стронция ${}_{38}^{94}\text{Sr}$ и ядро ксенона ${}_{54}^{140}\text{Xe}$, выбрасывается 2–3 нейтрона и выделяется энергия. Какая энергия выделится при распаде одного ядра урана, если удельная энергия связи ядра изотопа урана $e_{\text{св}}({}_{92}^{238}\text{U}) = 7,59$ МэВ/нук, стронция и ксенона $e_{\text{св}}({}_{38}^{94}\text{Sr}) = e_{\text{св}}({}_{54}^{140}\text{Xe}) = 8,6$ МэВ/нук?
- 3.1716. Написать ядерную реакцию синтеза легких ядер дейтерия в ядро гелия и определить энергетический выход этой реакции.
- 3.1717. При температуре порядка $1,5 \cdot 10^8$ К в ядре звезды последовательности красных гигантов и сверхгигантов возможна следующая термоядерная реакция: $3({}_2^4\text{He}) = {}_6^{12}\text{C} + \Delta E$. Определить энергетический выход этой реакции, если энергия связи ядра гелия-4 равна 28,3 МэВ, а ядра углерода-12 равна 92,2 МэВ.

Элементы теории погрешностей. Представление конечного результата

Задача измерений

Физический практикум должен помочь обучающимся глубже осознать основные физические законы и явления, приобрести элементарные навыки экспериментирования и практически освоить наиболее важные методы измерений физических величин. Поэтому, одной из основных задач физической лаборатории является определение численных значений физических величин.

Физическими величинами называют характеристики процессов или свойств тел. Например, работа характеризует свойства материальных тел при их взаимодействии передавать друг другу некоторое количество энергии, плотность характеризует массу единицы объема и т. д.

Измерить какую-либо физическую величину значит сравнить ее с другой однородной ей физической величиной, принятой за единицу меры (эталон). При этом за значение измеряемой величины принимают число, показывающее, сколько раз в измеряемой величине содержится эталон. За единицу меры длины принят 1 метр, массы – 1 килограмм, времени – 1 секунда и т. д. При измерении физических величин пользуются измерительными приборами, которые тем или иным способом сверены с эталонами, хранимыми в специальных государственных метрологических учреждениях. Это относится к приборам, с помощью которых измеряют длину – различного вида линейкам, микрометру, измерительному микроскопу, так и к приборам, измеряющим время (часы), массу (весы и гири), а также электроизмерительным приборам (амперметры, вольтметры) и т. д. Сравнение наших измерительных инструментов и приборов с эталонами, обязательно сопровождается некоторой ошибкой в их калибровке. Электроизмерительные и другие приборы содержат ошибки, связанные с особенностью их конструкции и принципа действия (трение, люфты между деталями, влияние внешних электрических и магнитных полей, температуры, влажности и пр.). Очевидно, что, производя измерения с помощью такого инструмента, мы допускаем некоторую ошибку. Таким образом вследствие неточности измерительных приборов, кроме того, несовершенства наших органов чувств, неполноты наших знаний, трудностей учета всех

побочных явлений, при измерениях неизбежно возникают погрешности. ***Никакие измерения не могут быть выполнены абсолютно точно. Мы можем указать только интервал возможных значений измеряемой величины. Поэтому задача измерения заключается не в определении истинного значения измеряемой величины, а в установлении интервала, внутри которого находится истинное значение этой величины.***

Результаты экспериментов могут публиковаться, использоваться в других расчетах, для практических целей или для проверки теоретических выводов. Поэтому важно знать в какой мере можно полагаться на эти результаты, ввиду чего экспериментатор обязан указывать величину ошибки измерений. Понятие ошибки играет не второстепенную роль при измерениях, а, наоборот, оно имеет прямое отношение к таким вопросам, как цель эксперимента, его метод и значимость результатов.

Теория погрешности указывает, как следует вести измерения и обрабатывать результаты, чтобы величина ошибок была наименьшей. Неумение правильно оценивать погрешности может привести к неправильно установленным метрологическим требованиям к промышленным изделиям, что, наносит материальный и технический ущерб. Инженер не должен необоснованно уменьшать или увеличивать допуски на изготовление деталей, приборов.

Итак, в задачу измерения входит не только нахождение самой величины, но и оценка точности полученного результата.

Виды измерений

Принято различать два вида измерений.

Прямые измерения – это такие измерения, когда показания измеряемой величины определяются непосредственно по шкале прибора. Например, длина – по линейке или штангенциркулю, температура – по термометру, время – по секундомеру, сила тока – по амперметру и т. д.

Косвенные измерения – это такие измерения, которые используются, если физическую величину невозможно измерить с помощью приборов. Ее конечный результат находится по формуле через величины, определяемые в результате прямых измерений.

Классификация погрешностей

Погрешности измерений физической величины по характеру отклонений измеренного значения от истинного подразделяются на два основных типа:

1. Систематические (приборные) погрешности. К таким погрешностям относятся погрешности приборов, связанные с несовершенством их конструкции, они закономерным образом изменяют значение измеряемой величины. Например, длина линейки в действительности может отличаться от того значения, которое написано на ней. Два последовательно включенных амперметра могут показывать различный ток и т. д. Приборы, тем не менее, считаются исправными, если их показания отличаются от истинного значения не более чем на величину абсолютной систематической погрешности измерения. Погрешность каждого измерения искомой величины можно предсказать заранее, зная характеристики прибора. Систематические ошибки можно избежать или уменьшить лишь при критическом отношении к методам исследования, совершенствуя их, применяя более точные приборы, следя за их исправностью, и т. д.

2. Случайные погрешности обусловлены случайными факторами, которые, в свою очередь, могут быть вызваны различными причинами. С одной стороны это могут быть причины, не зависящие от измеряемой величины, например, несовершенства органов чувств, состояние организма человека, наблюдающего за прибором, погодные и природные условия, состояние рабочего места и др. С другой – сама измеряемая величина может носить случайный характер. Например, температура и влажность воздуха в различных частях города, концентрация примесей в различных пробах воды и т. п. Исключить случайные ошибки в отдельных измерениях невозможно. Эти погрешности имеют статистический характер и описываются теорией вероятности. Установлено, что при очень большом количестве измерений вероятность получить тот или иной результат в каждом отдельном измерении можно определить при помощи нормального распределения Гаусса. При малом числе измерений математическое описание вероятности получения того или иного результата измерения называется распределением Стьюдента.

Значение погрешности измерения некоторой величины X принято характеризовать абсолютной и относительной погрешностью.

1. Абсолютная погрешность – это наименованное число ΔX , позволяющее указать интервал $X_{\text{ист}} - \Delta X \leq X_{\text{ист}} \leq X_{\text{ист}} + \Delta X$, внутри которого находится истинное значение измеряемой величины. Длина этого интервала равна $2\Delta X$ (рис. 1).

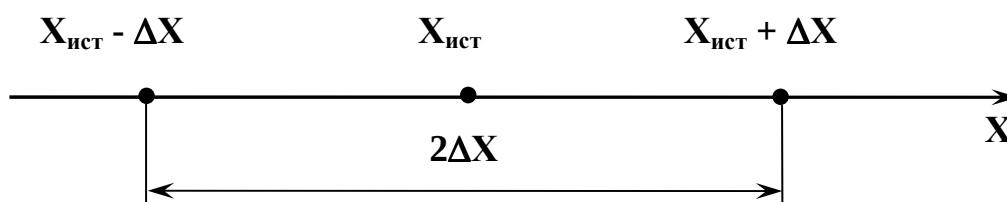


Рис. 1. Доверительный интервал

Эта погрешность может быть положительной или отрицательной в зависимости от того – уменьшен или увеличен результат по отношению к истинному значению. Другими словами, абсолютная погрешность показывает, на сколько истинное значение измеряемой величины может отличаться от результатов измерения. Например, определили длину проволоки и нашли что она равна $42,5 \pm 0,2$ см; это означает, что длина проволоки находится в границах замкнутого интервала не менее 42,3 см и не более 42,7 см; где $\pm 0,2$ см – абсолютная погрешность или доверительный интервал. Конечный результат записывается в виде:

$$X = (X \pm \Delta X).$$

Абсолютная погрешность измерения представляет собой необходимую информацию об измеряемой величине. Однако, она не всегда оказывается наглядной. Допустим, что $\Delta X = 5$ см. Много это или мало? Если измеряется длина подошвы X , то это много; если X – это длина комнаты, то это немного; если же X – расстояние между автобусными остановками, то это ничтожно мало. Иначе воспринимается относительная погрешность.

2. Относительная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к значению искомой величины, умноженное на 100%:

$$\epsilon = \frac{\Delta X}{X} 100\%,$$

в нашем примере $\epsilon = \frac{0,2\text{см}}{42,5\text{см}} 100\% = 0,47\%$ – относительная ошибка

опыта. Она характеризует качество измерений и показывает, во сколько раз модуль абсолютной погрешности $|\Delta X|$ меньше измеряемой величины $X_{\text{изм}}$.

При измерении известных величин (постоянных или табличных) признаком доверенности полученного результата является принадлежность известного значения интервалу (рис. 2.). Если при измерениях известных величин оценка погрешностей не производилась, то в выводе следует сравнить полученное значение с табличным. С этой целью удобно рассчитать величину $\frac{X_{\text{изм}} - X_{\text{табл}}}{X_{\text{табл}}}$, которая может служить простой оценкой качества измерений.

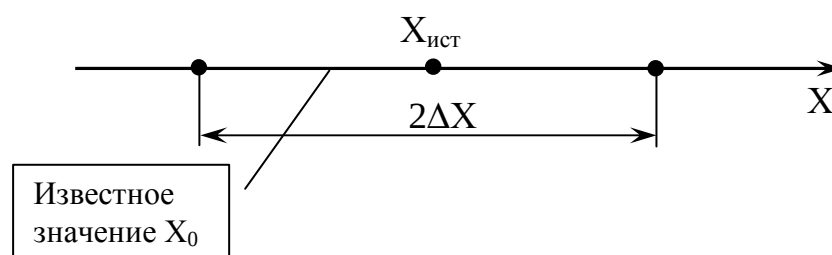


Рис. 2. Принадлежность известного результата доверительному интервалу

1. Расчет погрешностей измерения

1.1. Расчет абсолютной погрешности при прямых однократных измерениях

Бывает, что в ходе опыта какое-то измерение повторить нельзя, например, процесс нагревания ведет к повышению температуры, которая отмечается один раз. При однократном измерении учитывают только систематическую погрешность. Систематическая погрешность измерения определяется тремя способами:

- а) по классу точности прибора;**
- б) как половина цены наименьшего деления шкалы прибора;**
- в) на приборе, как число с наименованием единиц величин, измеряемых прибором.**

Остановимся подробно на каждом из них.

а) Определение систематической ошибки по классу точности прибора. Этот способ используется только для электроизмерительных приборов, например, для вольтметра, амперметра.

Класс точности κ прибора, предназначенного для измерения физической величины X , определяется следующим образом:

$$\kappa = \frac{\Delta X_{\text{сист}}}{X_{\text{max}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где X_{max} – наибольшее предельное значение величины X , которое можно измерить данным прибором.

Если известен класс точности прибора, то из (1) можно выразить систематическую погрешность измерения:

$$\Delta X_{\text{сист}} = \frac{\kappa \cdot X_{\text{max}}}{100}. \quad (2)$$

Например, класс точности амперметра равен 1,5%, а наибольший ток, который можно измерить этим амперметром при конкретном положении его ручек настройки составляет 5 А. Тогда систематическая погрешность окажется равной

$$\Delta I_{\text{сист}} = \frac{1,5\% \cdot 5\text{А}}{100\%} = 0,075 \text{ А}.$$

Причем это значение не зависит от результатов измерений. Из формулы (2) видно, что систематическая погрешность тем меньше, чем меньше класс точности прибора. Класс точности прибора обозначается на приборе как число в десятичном формате (может быть обведено в кружок). Стандартом установлены семь классов точности приборов: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Приборы классов 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 применяют для технических целей и называют *техническими*. Приборы классов 0,1; 0,2; 0,5 применяют для точных лабораторных измерений, а также для контроля технических. Их называют *прецизионными*.

Если класс точности прибора неизвестен, то систематическая погрешность берется равной половине цены наименьшего деления.

б) Определение систематической ошибки как половины цены наименьшего деления шкалы прибора используется для простых измерительных приборов, например для линейки. Так, при измерении линейкой с делением шкалы 1 мм систематическая погрешность ℓ будет равна 0,5 мм.

Абсолютная погрешность прямого однократного измерения в данном случае находится по формуле:

$$\Delta X = \alpha \cdot \ell, \quad (3)$$

где α – коэффициент надежности или доверительная вероятность – вероятность того, что значение измеренной величины окажется в интервале $X-\Delta X$ до $X+\Delta X$; α может меняться от 0 до 1 и зависит от точности измерительных приборов. Примем $\alpha = 0,9$; ℓ – параметр равномерного распределения, он равен половине цены деления прибора, которым измеряется величина:

$$\ell = \frac{1}{2} \text{ от цены деления прибора.} \quad (4)$$

в) Определение систематической ошибки как числа с наименьшим количеством единиц величин, измеряемых прибором используется для точных измерительных приборов:

- содержащих нониус (например, штангенциркуль, микрометр),
- с фиксированным шагом стрелки (например, секундомер),
- цифровых приборов (например, мультиметр).

Абсолютная погрешность приборов с нониусом равна *точности нониуса*.

Абсолютная погрешность приборов с фиксированным шагом стрелки и цифровых приборов равна *цене деления*.

Точность прибора невозможно превзойти никаким методом измерения на нем. Например, если шкала линейки нанесена через 1 мм, то точность измерения 0,5 мм не изменить, если даже мы применим лупу для рассматривания шкалы.

1.2. Расчет абсолютной погрешности при прямых многократных измерениях

а) Метод расчета с использованием распределения Стьюдента

На точность результатов измерений могут сказаться не только свойства средств измерения, но и особенности измеряемого физического тела. Например, толщина проволоки может быть различной на протяжении ее длины, вследствие чего нельзя ограничиваться одним измерением, а проделать их несколько в различных местах проволоки. Таким образом, окончательный результат многократного измерения содержит в себе как *случайную*, так и *систематическую (приборную)* погрешности. Чаще всего встречается ситуация, когда случайная и систематическая погрешности близки по

значению, а поэтому обе влияют на окончательный результат. Тогда их необходимо учитывать совместно и за суммарную абсолютную погрешность принимают:

$$\Delta X = \sqrt{(\Delta X_{\text{случ}})^2 + (\Delta X_{\text{приб}})^2}, \quad (5)$$

где $\Delta X_{\text{случ}}$ – случайная абсолютная погрешность; $\Delta X_{\text{приб}}$ – статистическая (приборная) абсолютная погрешность.

Случайная погрешность уменьшается с увеличением количества отдельных измерений, а приборная погрешность не меняется. Если случайная погрешность измерений меньше приборной погрешности (в процессе многократных измерений измерительный прибор дает одни и те же показания), то в качестве абсолютной погрешности берется приборная погрешность (многократность измерений теряет смысл; достаточно провести измерение один раз). В противном случае в качестве абсолютной погрешности берется значение случайной погрешности. Таким образом, одной из погрешностей можно пренебрегать, если она более чем на порядок (в 10 раз) меньше другой.

Метод применяется при числе измерений $n \geq 2$, однако лучше применять его при $n \geq 6$. Расчет $\Delta X_{\text{приб}}$ – смотри п. 1.1.

$$\Delta X_{\text{случ}} = t_{\alpha n} \cdot \sigma_{x_{\text{cp}}}, \quad (6)$$

где $t_{\alpha n}$ – коэффициент Стьюдента (определяемый по таблице 1); n – количество измерений; α – коэффициент надежности или доверительная вероятность; $\sigma_{x_{\text{cp}}}$ – среднеквадратичная погрешность данной серии измерений.

$$\sigma_{x_{\text{cp}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{\text{cp}} - x_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(x_{\text{cp}} - x_1)^2 + (x_{\text{cp}} - x_2)^2 + \dots + (x_{\text{cp}} - x_n)^2}{n(n-1)}}, \quad (7)$$

где x_{cp} – среднее значение искомой величины данной серии измерений; x_i – величины, полученные в опыте.

В каких случаях какую величину доверительной вероятности α задать? Например, после ста контрольных измерений диаметра стандартной двадцатимиллиметровой трубы обнаружено, что в 50 случаях ее диаметр оказался в интервале от 19,97 мм до 20,03 мм, в 80 случаях от 19,95 до 20,05 мм, а в 95 случаях от 19,90 до 20,10 мм. Следовательно, можно приближенно оценить величину случайной погрешности. При надежности $a = 0,50$, $\Delta X_{\text{случ}} = 0,03$ мм; при надежности $a = 0,80$, $\Delta X_{\text{случ}} = 0,05$ мм; а при $a = 0,95$, $\Delta X_{\text{случ}} = 0,10$ мм.

То есть, величина случайной погрешности увеличивается с увеличением надежности, причем очень резко при стремлении α к единице.

Таблица 1

Коэффициенты Стьюдента

α n	0,5	0,7	0,8	0,9	0,95	0,999
2	1,00	2,0	3,1	6,31	12,7	636,6
3	0,82	1,3	1,9	2,92	4,30	31,6
4	0,77	1,3	1,0	2,35	3,18	12,9
5	0,74	1,2	1,5	2,13	2,78	8,61
6	0,73	1,2	1,5	2,02	2,57	6,37
7	0,72	1,1	1,4	1,94	2,45	5,96
8	0,71	1,1	1,4	1,89	2,36	5,41
9	0,71	1,1	1,4	1,86	2,31	5,04
10	0,70	1,1	1,4	1,83	2,26	4,78

Действительно, с надежностью, равной 1, ничего нельзя гарантировать. При построении техники всегда задается определенная надежность изделия. Каждая деталь должна соответствовать надежности не ниже той, которая предъявляется ко всему изделию в целом. Это зависит от степени важности расчетов. Во всех ответственных случаях задают высокую доверительную вероятность $\alpha = 0,997$ или 0,999 с тем, чтобы соответствующий ей доверительный интервал надежно гарантировал расчеты. Размер доверительной вероятности α выбирают также из соображений размера возможного брака, необходимого допуска при изготовлении деталей и приборов, материально экономических расчетов и т. д. В обычных научных исследованиях, в том числе в студенческой учебной лаборатории, достаточной считается надежность $\alpha = 0,9$.

б) Метод среднего арифметического

Метод среднего арифметического – упрощенный метод расчета, который может применяться при небольшом количестве измерений ($n = 2 \div 6$).

Согласно закону нормального распределения случайных погрешностей, погрешности дают отличные друг от друга результаты.

Одни из них больше истинного значения измеряемой величины, другие меньше, причем вероятность сделать меньшую погрешность больше, чем большую. Беря среднее арифметическое из полученных результатов, мы ослабляем влияние случайных погрешностей, и находим результат, более близкий к истинному значению измеряемой величины.

Пусть при многократных измерениях толщины проволоки микрометром были получены следующие результаты: $X_1, X_2, \dots, X_n$. Среднее арифметическое результатов всех измерений (среднее значение величины)

равно:
$$X_{cp} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}. \quad (8)$$

Абсолютная погрешность первого измерения (отклонение от среднего значения в 1-ом измерении) равна: $\Delta X_1 = |X_{cp} - X_1|$

абсолютная погрешность второго измерения: $\Delta X_2 = |X_{cp} - X_2|$

абсолютная погрешность n-го измерения: $\Delta X_n = |X_{cp} - X_n|$

Абсолютную погрешность всего эксперимента (среднее отклонение) находим как:

$$\Delta X_{cp} = \frac{\Delta X_1 + \Delta X_2 + \dots + \Delta X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta X_i}{n} \quad (9)$$

1.3. Расчет абсолютной погрешности при косвенных измерениях

Погрешность при косвенных измерениях находится двумя способами:

1. путем логарифмирования и последующего дифференцирования расчетной формулы;
2. по правилам дифференцирования с последующей заменой дифференциалов погрешностями.

Рассмотрим подробнее каждый из способов нахождения погрешности косвенных измерений.

1. Нахождение погрешности косвенных измерений путем логарифмирования и последующего дифференцирования расчетной формулы.

Если искомая величина связана функциональной зависимостью с величинами, определяемыми прямым измерением, то погрешность результата находится следующим образом.

Пусть $a = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x находятся прямым измерением.

1. Прологарифмировать функцию a .

$$\ln a = \ln(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (10)$$

2. Продифференцировать $\ln a$ по x .

$$\frac{d}{dX_i} (\ln a) = \frac{1}{a} \cdot \frac{da}{dX_i}. \quad (11)$$

3. Заменить все знаки дифференциалов знаками конечных приращений и все знаки "минус" на "плюс".

4. Обосновать абсолютные погрешности при измерении промежуточных величин x по способу 1 или 2. Рассчитать абсолютную погрешность опыта.

Пример.

Дано твердое тело цилиндрической формы, надо найти плотность материала этого тела, если диаметр измерялся несколько раз, а масса и высота – один раз.

Плотность $\rho = \frac{m}{V}$, где m – масса тела; $V = \frac{1}{4} D^2 h$ – объем цилиндра; D – его диаметр; h – высота;

$$\rho = \frac{m}{\frac{1}{4} D^2 h} = \frac{4m}{\pi D^2 h} \text{ – рабочая формула.}$$

Для нахождения абсолютной погрешности $\Delta \rho$ необходимо:

1. Прологарифмировать рабочую формулу

$$\ln \rho = \ln 4 + \ln m + \ln \pi - 2 \ln D - \ln h;$$

2. Продифференцировать полученное выражение

$$\frac{d\rho}{\rho} = 0 + \frac{dm}{m} - 0 - 2 \frac{dD}{D} - \frac{dh}{h};$$

3. Заменить знаки дифференциалов знаками конечных приращений и все знаки "минус" на "плюс".

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} + 2 \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta h}{h} \Rightarrow \Delta \rho = \rho \left(\frac{\Delta m}{m} + 2 \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta h}{h} \right)$$

4. Обоснование всех Δ (то есть найти их численные значения):

$$\Delta m = \alpha \cdot \ell = 0,9 \cdot \frac{1}{2} \cdot \text{цена деления весов};$$

$$\Delta D = \sqrt{(\Delta D_{\text{случ}})^2 + (\Delta D_{\text{приб}})^2};$$

$$\Delta D_{\text{случ}} = t_{\alpha n} \cdot \sigma_{x_{\text{cp}}} = t_{\alpha n} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (D_{\text{cp}} - D_i)^2}{n(n-1)}};$$

$$\Delta D_{\text{приб}} = \alpha \cdot \ell = 0,9 \cdot \text{цена деления штангенциркуля};$$

$$\Delta h = \alpha \cdot \ell = 0,9 \cdot \text{цена деления штангенциркуля}.$$

Подставить в конечную формулу ρ – из расчета, m , D и h – из опыта, Δm , ΔD и Δh – из обоснований и найти $\Delta \rho$; представить конечный результат в виде $\rho = (\rho \pm \Delta \rho) \text{ г/см}^3$ и из этой записи найти относительную погрешность опыта: $\varepsilon = \frac{\Delta \rho}{\rho} \cdot 100\%$.

2. Нахождение погрешности косвенных измерений **по правилам дифференцирования с последующей заменой дифференциалов погрешностями.**

Если искомая величина является функцией нескольких переменных, например, $f(x, y)$, то погрешность косвенных измерений можно определить по формуле: $\Delta f = \left(\frac{df}{dx} \right) \Delta x + \left(\frac{df}{dy} \right) \Delta y$. (12)

Пример.

Ускорение при поступательном движении определяется как $a(h, t) = \frac{2h}{t^2}$. Тогда $\Delta a = \frac{2}{t^2} \Delta h + 2h \frac{1}{t^3} \Delta t (-2)$, $\Delta a = \frac{2h}{t^2 h} \Delta h + \frac{2h}{t^2 t} \Delta t (-2)$.

$$\text{Так как } a = \frac{2h}{t^2}, \text{ то } \Delta a = a \frac{\Delta h}{h} + a \frac{\Delta t}{t} 2 = a \left(\frac{\Delta h}{h} + 2 \frac{\Delta t}{t} \right).$$

Независимо от знака производных, слагаемые в последнем выражении должны учитываться только со знаком "плюс", так как погрешность при измерении нескольких переменных может только увеличиваться. Если в формулу входят константы, то при расчетах в них необходимо учитывать хотя бы на одну значащую цифру больше, чем в измеряемой величине, тогда они практически не вносят погрешности в результат измерения.

2. Правильная запись конечного ответа

После расчета абсолютной погрешности окончательный результат измерения представляется в виде: $X = (X \pm \Delta X)$. Причем и сама величина и абсолютная погрешность округляются. По округленным значениям рассчитывается относительная погрешность:

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X} 100\%.$$

2.1. О точности вычислений

Ошибка результата определяется не только неточностями измерений, но и неточностями вычислений. Вычисления необходимо проводить так, чтобы их ошибка была на порядок меньше ошибки результата измерений. Для этого вспомним правила математических действий с приближенными числами.

Результаты измерений – приближенные числа. В приближенном числе все цифры должны быть верными. Последней верной цифрой приближенного числа считается цифра, ошибка в которой не превышает одной единицы ее разряда. Все цифры от 1 до 9 и нуль, если он стоит в середине или конце числа, называются значащими. В числе 6100 – четыре значащих цифры, а в числе $6,1 \cdot 10^3$ – только две, в числе 0,00209 – три, так как нули до двойки незначащие. Запись числа 2,39 означает, что верны все знаки до второго до запятой, а запись 2,3900 – что верны так же и третий и четвертый знаки.

2.2. Правила округления чисел

При округлении оставляют лишь верные знаки, остальные отбрасывают.

Правило 1. Округление достигается простым отбрасыванием цифр, если первая из отбрасываемых цифр меньше, чем 5.

Правило 2. Если первая из отбрасываемых цифр равна или больше, чем 5, то последняя цифра увеличивается на единицу.

2.3. Запись конечного ответа

Абсолютная погрешность, найденная любым способом, округляется до одной (первой) значащей цифры, а значение искомой величины – до того разряда, в котором находится значащая цифра абсолютной погрешности.

Например, из опыта нашли плотность вещества $\rho = 1,273 \text{ г/см}^3$, а $\Delta\rho = 0,017 \text{ г/см}^3$.

Абсолютная ошибка показывает, в каком знаке ее числа содержится неточность, и если неточность в сотых долях, то за тысячные доли и более мелкие нельзя ручаться. В данном примере надо взять $\Delta\rho = 0,02 \text{ г/см}^3$, т. к. стоящая за единицей цифра 7 больше 5; значение ρ надо взять с точностью $\Delta\rho$, т. е. до сотых долей, тогда конечный ответ запишется так: $\rho = (1,27 \pm 0,02) \text{ г/см}^3$.

После записи конечного ответа рассчитывают относительную погрешность: $\varepsilon = \frac{0,02}{1,27} 100\% = 1,5\%$.

Примеры округления и записи ответа

- | | | | |
|---------------------------|---|------------------------------|---|
| 1. $x = 0,743 \text{ м}$ | и | $\Delta x = 0,021 \text{ м}$ | $\Rightarrow x = (0,74 \pm 0,02) \text{ м}$ |
| 2. $m = 134,6 \text{ кг}$ | и | $\Delta m = 1,8 \text{ кг}$ | $\Rightarrow m = (135 \pm 2) \text{ кг}$ |
| 3. $t = 3841 \text{ с}$ | и | $\Delta t = 12 \text{ с}$ | $\Rightarrow t = (3840 \pm 10) \text{ с}$ |
| 4. $\varphi = 9^\circ$ | и | $\Delta\varphi = 0,37^\circ$ | $\Rightarrow \varphi = (9,0 \pm 0,4)^\circ$ |

3. О построении графиков

Результаты, полученные в ходе измерений, часто необходимо представить графической зависимостью. Это позволяет составить наглядное представление о ходе изучаемого явления, также позволяет сравнить экспериментальные данные с теоретической зависимостью (при условии, что последняя имеется).

График **аккуратно** строится на миллиметровой бумаге или бумаге в клетку. Размер графика должен быть таким, чтобы он занимал примерно половину тетрадной страницы. Если график можно закрыть спичечным коробком, то он оказывается непригодным для того, чтобы с его помощью сделать правильные выводы. Перед построением необходимо четко определить, какие данные выполняют роль

аргумента, а какие – функции. Аргумент принято отсчитывать по горизонтальной шкале (по x), а функцию – по вертикальной (по y). Масштаб каждой шкалы выбирается исходя из максимального значения рассматриваемой величины и длины шкалы на бумаге. Например, если максимальное значение силы равно $11,76 \cdot 10^{-2}$ Н, а длина рабочего поля страницы 14 см, то удобно выбрать масштаб так, чтобы 12 см по горизонтальной шкале соответствовали $12 \cdot 10^{-2}$ Н. Недалеко от конца шкалы ставится обозначение соответствующей физической величины, а через запятую – наименование единиц измерения. Если есть десятичный множитель с показателем, то его можно вынести к оси вместе с единицей измерения. Разная запись обозначения оси соответствует разной величине чисел, отложенных на оси (рис. 3, 4).

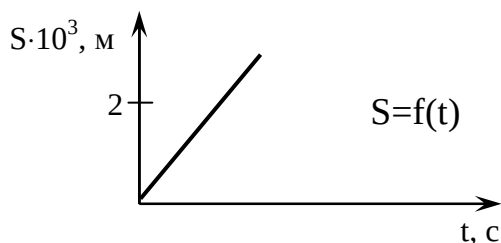


Рис. 3

$$S \cdot 10^3 = 2 \text{ м} \Rightarrow S = 2/10^3 = 0,002 \text{ м}$$

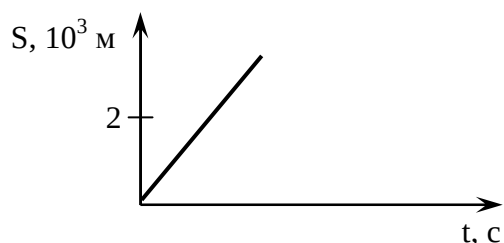


Рис. 4

$$S = 2 \cdot 10^3 \text{ м} = 2000 \text{ м}$$

Перед построением графика каждую из шкал необходимо **проградировать**, то есть обозначить деления через **равные** промежутки. Нельзя подписывать на шкале числа, которые получаются в результате эксперимента, как, например, 1,12; 1,19; 1,92; 2,87; 3,05; 3,28; 4,27. Один из правильных вариантов может быть таким: 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0. Если взять вариант 0; 1,25; 2,50; 3,75; 5,0, то он хотя и правильный, но все же нежелательный, т.к. при "дробной" организации шкалы она оказывается трудно читаемой. Предпочтительны варианты, когда между делениями шкалы две, четыре, пять или десять клеток. Нежелательны варианты с 3, 6, 7, 9 клетками. Экспериментальные точки наносятся на график, и вблизи каждой из них можно указать отрезок, соответствующий доверительному интервалу, равному удвоенной абсолютной погрешности (рис.5).

Часто измеряемые величины подбираются таким образом, чтобы между ними ожидалась линейная зависимость. Тогда экспериментальные точки должны ложиться вблизи прямой. Параметры этой прямой определяются по методу наименьших квадратов. То есть,

таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от этой прямой была бы минимальной. Практически эту сумму не рассчитывают, а прямую проводят с помощью прозрачной линейки так, чтобы по обе стороны от нее находилось примерно равное количество экспериментальных точек на возможно меньшем расстоянии от прямой (рис. 6)

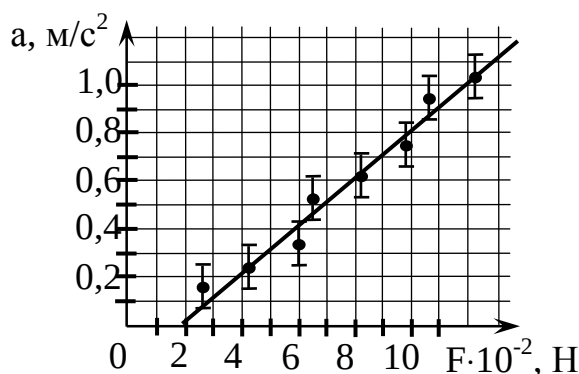


Рис. 5. График зависимости $a = f(F)$

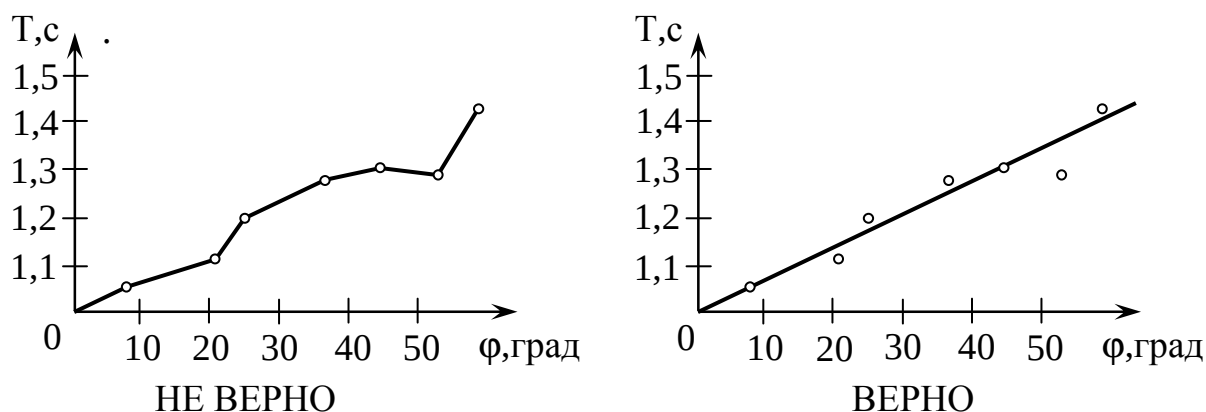


Рис. 6. К построению графиков

Основные требования, предъявляемые к построению графиков:

а) предельная ясность, чтобы результаты эксперимента можно было представить наглядно. Каждое полученное экспериментальное значение наносится на график достаточно заметным знаком, так чтобы точки не сливались друг с другом;

б) грамотный выбор масштаба. Проще всего, если единице измеренной величины (0,1; 10; 100; и т. д.) соответствует 1, 2 или 5 см;

в) через экспериментальные точки необходимо проводить плавную кривую либо прямую;

е) если на график наносится несколько кривых, то точки каждой из них должны иметь определенное обозначение, например, кривая 1 обозначается точками, кривая 2 – крестиками, кривая 3 – треугольниками и т. д.

5. Задания для формирования умений обрабатывать и представлять результаты измерений

Задание 1

1. Расчетная формула искомой величины дана в виде:

$$Y = \frac{1}{4} \cdot \frac{k^2 - n^2}{k \cdot n}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔY и обосновать Δk и Δn , если "k" измерялась 4 раза, а "n" – один раз.

2. Верно записать ответ, если искомая величина и ее абсолютная погрешность даны:

$I = 0,76 \text{ А}$ и $\Delta I = 0,0011 \text{ А};$	$a = 64,17 \text{ м/с}^2$ и $\Delta a = 3 \text{ м/с}^2.$
$L = 849,73 \text{ м}$ и $\Delta L = 5,1 \text{ см};$	$T = 273,09 \text{ К}$ и $\Delta T = 0,72 \text{ К}.$
$U = 25 \text{ кВ}$ и $\Delta U = 220 \text{ В};$	$S = 85 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 10000 \text{ см}^2.$
$t = 17,5 \text{ ч}$ и $\Delta t = 0,26 \text{ ч};$	$R = 749 \text{ Ом}$ и $\Delta R = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ кОм}.$

Задание 2

1. Расчетная формула искомой величины дана в виде:

$$Z = \frac{3 \cdot a \cdot b \cdot c}{\sqrt{a + b + c}}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔZ и обосновать Δa , Δb и Δc , если величина "a" измерялась один раз, "b" – 3 раза и "c" – 10 раз.

2. Верно записать ответ, если даны искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$\varphi = 178,15^\circ$ и $\Delta \varphi = 1,1^\circ;$	$a = 933 \text{ м/с}^2$ и $\Delta a = 100 \text{ см/с}^2.$
$V = 246 \text{ л}$ и $\Delta V = 12 \text{ л};$	$V = 946,8 \text{ м/с}$ и $\Delta V = 36 \text{ км/ч}.$
$T = 67 \text{ сут}$ и $\Delta t = 40 \text{ ч};$	$S = 475,2 \text{ км}$ и $\Delta S = 86 \text{ м}.$
$m = 763,7 \text{ кг}$ и $\Delta m = 8,4 \text{ кг};$	$C = 17,14 \text{ Ф}$ и $\Delta C = 0,028 \text{ Ф}.$

Задание 3

1. Расчетная формула дана в виде:

$$L = \frac{x^2 \cdot y^3}{7 \cdot (x^2 + y^2)}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔL и обосновать Δx и Δy , если "x" измерялась 4 раза, а "y" – один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$V = 274,18 \text{ м}^3$ и $\Delta V = 390 \text{ л}$;	$T = 18,18 \text{ К}$ и $\Delta T = 0,18 \text{ К}$.
$h = 39,56 \text{ м}$ и $\Delta h = 0,0071 \text{ м}$;	$U = 127,3 \text{ В}$ и $\Delta U = 11 \text{ В}$.
$t = 29,5 \text{ ч}$ и $\Delta t = 27 \text{ мин}$;	$C = 43,12 \text{ мкФ}$ и $\Delta C = 23 \text{ мкФ}$.
$I = 43,8 \text{ А}$ и $\Delta I = 438 \text{ мкА}$;	$S = 6 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 1,7 \text{ м}^2$.

Задание 4

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Y = \frac{7x^2 \cdot y^3}{\sqrt{x - y}}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔY и обосновать Δx и Δy , если "x" измерялась 3 раза, а "y" – один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$A = 375,6 \text{ Дж}$ и $\Delta A = 14 \text{ Дж}$;	$U = 25,366 \text{ кВ}$ и $\Delta U = 220 \text{ В}$.
$L = 297,54 \text{ км}$ и $\Delta L = 281 \text{ м}$;	$S = 85 \text{ м}^2$ и $S = 10000 \text{ см}^2$.
$T = 185,73 \text{ К}$ и $\Delta T = 16 \text{ К}$;	$I = 0,67 \text{ А}$ и $\Delta I = 0,044 \text{ А}$.
$R = 749 \text{ Ом}$ и $\Delta R = 10 \text{ Ом}$;	$V = 31 \text{ м}^3$ и $\Delta V = 1000 \text{ дм}^3$.

Задание 5

1. Расчетная формула дана в виде:

$$X = \frac{4 \cdot \sqrt{a \cdot b \cdot c}}{\sqrt{a + b + c}}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔX и обосновать Δa , Δb , Δc , если "a" и "b" измерялись по одному разу, а "c" – пять раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$R = 594 \text{ кОм}$ и $\Delta R = 1200 \text{ Ом}$; $P = 23,15 \text{ Вт}$ и $\Delta P = 0,016 \text{ Вт}$.
 $I = 0,17 \text{ А}$ и $\Delta I = 0,0028 \text{ А}$; $a = 437,289 \text{ м/с}^2$ и $\Delta a = 500 \text{ мм/с}^2$.
 $L = 147,12 \text{ м}$ и $\Delta L = 12 \text{ см}$; $U = 1578 \text{ В}$ и $\Delta U = 23 \text{ В}$.
 $A = 1954 \text{ Дж}$ и $\Delta A = 13 \text{ Дж}$; $V = 108 \text{ км/ч}$ и $\Delta V = 11 \text{ м/с}$.

Задание 6

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Y = x^2 \cdot z^2 \cdot \sqrt{x^2 + z^2}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔY и обосновать Δx и Δz , если величина "x" измерялась три раза, а "z" – один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность.

$I = 45,37 \text{ А}$ и $\Delta I = 0,74 \text{ А}$; $S = 853,019 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 1722 \text{ см}^2$.
 $U = 330 \text{ В}$ и $\Delta U = 21 \text{ В}$. $V = 216 \text{ км/ч}$ и $\Delta V = 12 \text{ м/с}$.
 $R = 7947,1 \text{ Ом}$ и $\Delta R = 0,02 \text{ кОм}$; $t = 7,3 \text{ часа}$ и $\Delta t = 7 \text{ мин}$.
 $a = 745,28 \text{ м}$ и $\Delta a = 80 \text{ см}$; $m = 61,12 \text{ кг}$ и $\Delta m = 154 \text{ г}$;

Задание 7

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Z = \frac{8 \cdot \sqrt{c^3 + d^3}}{c - d}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔZ и обосновать Δc и Δd , если величина "c" измерялась три раза, а величина "d" – один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$m = 948,71 \text{ кг}$ и $\Delta m = 2351 \text{ г}$; $I = 1,74 \text{ А}$ и $\Delta I = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ А}$.
 $R = 18,3 \text{ кОм}$ и $\Delta R = 800 \text{ Ом}$; $C = 33,6 \text{ мкФ}$ и $\Delta C = 2,3 \text{ мкФ}$.
 $U = 127,7 \text{ В}$ и $\Delta U = 0,63 \text{ В}$; $S = 156 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 20000 \text{ см}^2$.
 $P = 937,63 \text{ мм рт. ст.}$ и $\Delta P = 28 \text{ мм рт. ст.}$; $V = 945 \text{ м/с}$ и $\Delta V = 36 \text{ км/ч}$.

Задание 8

1. Расчетная формула дана в виде:

$$X = a \cdot (b^2 - a^2) \cdot \sqrt{a \cdot b}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности Δx и обосновать Δa и Δb , если величина "a" измерялась один раз "b" – четыре раза.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$$\begin{aligned} T &= 573,17 \text{ К и } \Delta T = 1,9 \text{ К}; & V &= 54 \text{ км/ч и } \Delta V = 2,6 \text{ м/с}; \\ A &= 447,29 \text{ Дж и } \Delta A = 42 \text{ Дж}; & t &= 24,7 \text{ ч и } \Delta t = 15 \text{ мин.} \\ L &= 447,29 \text{ км и } \Delta L = 182 \text{ м}; & a &= 9,781 \text{ м/с}^2 \text{ и } \Delta a = 0,086 \text{ м/с}^2. \\ m &= 7,36 \text{ т и } \Delta m = 148 \text{ кг.} & V &= 3,1 \text{ м}^3 \text{ и } \Delta V = 100 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Задание 9

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Y = \frac{n \cdot (n - m)}{n^2 + m^2}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔY обосновать Δn и Δm , если величина "n" измерялась пять раз, а "m" – один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$$\begin{aligned} L &= 467,29 \text{ км и } \Delta L = 282 \text{ м}; & m &= 84,17 \text{ кг и } \Delta m = 700 \text{ г}; \\ t &= 123,46 \text{ часа и } \Delta t = 33 \text{ мин}; & F &= 659 \text{ Н и } \Delta F = 11 \text{ Н}; \\ U &= 340 \text{ В и } \Delta U = 28 \text{ В.} & C &= 13,8 \text{ мкФ и } \Delta C = 1,2 \text{ мкФ.} \\ I &= 98,7 \text{ А и } \Delta I = 1,7 \text{ А.} & S &= 567,08 \text{ м}^2 \text{ и } \Delta S = 0,19 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Задание 10

1. Расчетная формула дана в виде:

$$X = \sqrt{y \cdot z} \cdot (y^2 + z^2).$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔX и обосновать Δy и Δz , если величина "y" измерялась один раз, а величина "z" – четыре раза.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее

абсолютная погрешность:

$$\begin{aligned} V &= 108 \text{ км/ч и } \Delta V = 12 \text{ м/с}; & P &= 693 \text{ Вт и } \Delta P = 0,07 \text{ кВт.} \\ S &= 2,5 \text{ м}^2 \text{ и } \Delta S = 0,61 \text{ м}^2; & I &= 53,17 \text{ А и } \Delta I = 2,8 \text{ А}; \\ m &= 64,7 \text{ кг и } \Delta m = 517 \text{ г}; & t &= 2 \text{ сут. 5 ч. и } \Delta t = 1,7 \text{ ч.} \\ A &= 1573 \text{ Дж и } \Delta A = 47 \text{ Дж.} & C &= 944 \text{ Ф и } \Delta C = 16 \text{ Ф.} \end{aligned}$$

Задание 11

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Y = \frac{4a^2 \cdot b^2}{\sqrt{a^2 + b^2}}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔY и обосновать Δa и Δb , если величина "a" измерялась один раз, "b" – четыре раза.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$$\begin{aligned} a &= 372,91 \text{ м/с}^2 \text{ и } \Delta a = 8,1 \text{ м/с}^2; & \varphi &= 73,87^\circ \text{ и } \Delta \varphi = 0,16^\circ; \\ U &= 721,7 \text{ В и } \Delta U = 2,9 \text{ В}; & S &= 156,3 \text{ м}^2 \text{ и } \Delta S = 11 \text{ м}^2. \\ T &= 348,17 \text{ К и } \Delta T = 14 \text{ К}; & m &= 1,47 \text{ т и } \Delta m = 613 \text{ кг.} \\ I &= 6,54 \text{ А и } \Delta I = 291 \text{ мА}; & R &= 7,15 \text{ кОм и } \Delta R = 600 \text{ мОм.} \end{aligned}$$

Задание 12

1. Расчетная формула дана в виде:

$$X = \frac{3a \cdot b^4 \cdot c}{8 \cdot (c + a)}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔX и обосновать Δa , Δb , Δc , если величина "a" измерялась один раз, "b" и "c" – четыре раза.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$$\begin{aligned} Y &= 548,7 \text{ м и } \Delta Y = 213 \text{ см}; & U &= 220,7 \text{ В и } \Delta U = 3,7 \text{ В}; \\ V &= 36 \text{ км/ч и } \Delta V = 2,1 \text{ м/с.} & T &= 824 \text{ К и } \Delta T = 8,2 \text{ К.} \\ m &= 296,6 \text{ кг и } \Delta m = 437 \text{ г}; & I &= 0,0369 \text{ А и } \Delta I = 5 \text{ мА.} \\ F &= 289,3 \text{ Н и } \Delta F = 0,29 \text{ Н}; & R &= 84,137 \text{ Ом и } \Delta R = 29 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Задание 13

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Z = \frac{8a \cdot b^2}{\sqrt{a^2 - b^2}}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔZ и обосновать Δa и Δb , если величина "a" измерялась один раз, а "b" – пять раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$T = 237,19 \text{ К}$ и $\Delta T = 1,7 \text{ К}$;	$U = 52 \text{ кВ}$ и $\Delta U = 10^3 \text{ В}$;
$t = 57,1 \text{ ч}$ и $\Delta t = 0,62 \text{ ч}$;	$R = 947 \text{ Ом}$ и $\Delta R = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ кОм}$.
$L = 739,84 \text{ м}$ и $\Delta L = 5,7 \text{ см}$;	$a = 17,64 \text{ м/с}^2$ и $\Delta a = 30 \text{ мм/с}^2$.
$S = 58 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 10000 \text{ см}^2$;	$I = 0,67 \text{ А}$ и $\Delta I = 0,0012 \text{ А}$.

Задание 14

1. Расчетная формула дана в виде:

$$U = \frac{3 \cdot (k + n)}{k^2 \cdot n^2}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔU и обосновать Δk и Δn , если величина "k" измерялась три раза, "n" – один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$U = 124,3 \text{ кВ}$ и $\Delta U = 620 \text{ В}$;	$T = 149,3 \text{ К}$ и $\Delta T = 1,7 \text{ К}$.
$L = 894,73 \text{ м}$ и $\Delta L = 5,1 \text{ см}$;	$S = 58 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 1000 \text{ см}^2$.
$t = 15,7 \text{ ч}$ и $\Delta t = 0,62 \text{ ч}$;	$a = 183,7 \text{ м/с}^2$ и $\Delta a = 8000 \text{ мм/с}^2$.
$\varphi = 268,3^\circ$ и $\Delta \varphi = 11^\circ$;	$R = 9685 \text{ Ом}$ и $\Delta R = 0,17 \text{ кОм}$.

Задание 15

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Y = \frac{4\pi \cdot k^2}{n^2 - k^2}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔY и обосновать Δn и Δk , если величина "k" измерялась три раза, а "n" –

один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$C = 18,6 \text{ Ф}$ и $\Delta C = 0,13 \text{ Ф}$; $F = 798,456 \text{ Н}$ и $\Delta F = 23 \text{ Н}$.

$V = 144 \text{ км/ч}$ и $\Delta V = 1,7 \text{ м/с}$. $S = 25,72 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 1,6 \text{ м}^2$;

$m = 374,11 \text{ т}$ и $\Delta m = 719 \text{ кг}$; $X = 2345 \text{ м}$ и $\Delta X = 0,027 \text{ км}$.

$I = 9,38 \text{ А}$ и $\Delta I = 0,13 \text{ А}$; $t = 24,1 \text{ ч.}$ и $\Delta t = 0,01 \text{ сут.}$

Задание 16

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Z = \frac{a^2 \cdot (a^2 + b^2)}{a^2 - b^2}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔZ и обосновать Δa и Δb , если величина "a" измерялась один раз, величина "b" – пять раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$I = 23,13 \text{ А}$ и $\Delta I = 21 \text{ мА}$; $L = 543,76 \text{ м}$ и $\Delta L = 18 \text{ см}$.

$T = 32,08 \text{ К}$ и $\Delta T = 0,83 \text{ К}$; $A = 40,91 \text{ Дж}$ и $\Delta A = 12 \text{ Дж}$.

$U = 748,7 \text{ В}$ и $\Delta U = 13 \text{ В}$; $m = 574,81 \text{ г}$ и $\Delta m = 9,1 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$.

$R = 561,12 \text{ Ом}$ и $\Delta R = 1,7 \text{ Ом}$; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ и $\Delta g = 110 \text{ см/с}^2$.

Задание 17

1. Расчетная формула дана в виде:

$$X = \frac{\pi \cdot k \cdot n^4}{8 \cdot (k - n)}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔX и обосновать Δk и Δn , если величина "k" измерялась четыре раза, "n" – один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$A = 375,6 \text{ Дж}$ и $\Delta A = 42 \text{ Дж}$; $V = 31 \text{ м}^3$ и $\Delta V = 1000 \text{ дм}^3$.

$T = 185,73 \text{ К}$ и $\Delta T = 16 \text{ К}$; $S = 85 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 10000 \text{ см}^2$.

$U = 25,366 \text{ кВ}$ и $\Delta U = 220 \text{ В}$; $L = 297,54 \text{ км}$ и $\Delta L = 1000 \text{ дм}$.

$I = 0,67 \text{ А}$ и $\Delta I = 0,044 \text{ А}$; $R = 749 \text{ Ом}$ и $\Delta R = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ кОм}$.

Задание 18

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Y = \frac{\sqrt{3 \cdot a \cdot b}}{a^3 - b^3}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔY и обосновать Δa и Δb , если величина "a" измерялась один раз, а "b" – семь раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$X = 173,5$ м и $\Delta X = 80$ см; $U = 52,663$ В и $\Delta U = 0,017$ В.

$F = 946,13$ Н и $\Delta F = 12$ Н; $C = 43,7$ Ф и $\Delta C = 600$ мЛФ.

$I = 1,76$ А и $\Delta I = 0,0033$ А; $S = 58$ м² и $\Delta S = 11000$ см².

$V = 844,5$ м/с и $\Delta V = 36$ км/ч; $R = 947$ Ом и $\Delta R = 2,1 \cdot 10^{-3}$ кОм.

Задание 19

1. Расчетная формула дана в виде:

$$Z = \frac{1}{\pi} \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔZ и обосновать Δa и Δb , если величина "a" измерялась пять раз, а "b" – один раз.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$t = 76$ суток и $\Delta t = 28$ ч; $V = 743,12$ л и $\Delta V = 38$ л.

$T = 36,5$ °С и $\Delta T = 0,18$ °С; $U = 220,7$ В и $\Delta U = 1,9$ В.

$\varphi = 15,178^\circ$ и $\Delta \varphi = 2,18^\circ$; $a = 933$ м/с² и $\Delta a = 110$ см/с².

$I = 17,17$ А и $\Delta I = 0,17$ А; $R = 1234$ Ом и $\Delta R = 21$ Ом.

Задание 20

1. Расчетная формула дана в виде:

$$X = \frac{(d - c) \cdot d^3 \cdot b^3}{d + c}, \quad b = \text{const.}$$

Получить рабочую формулу для расчета абсолютной погрешности ΔX и обосновать Δd и Δc , если величина «d» измерялась один раз, «c» – три раза.

2. Верно записать ответ, если дана искомая величина и ее абсолютная погрешность:

$U = 1749,3 \text{ В}$ и $\Delta U = 130 \text{ В}$; $S = 40,9 \text{ м}^2$ и $\Delta S = 1,47 \text{ м}^2$.
 $A = 1,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ и $\Delta A = 810 \text{ Дж}$; $R = 549 \text{ кОм}$ и $\Delta R = 1355 \text{ Ом}$.
 $I = 51,32 \text{ А}$ и $\Delta I = 0,018 \text{ А}$; $h = 449 \text{ м}$ и $\Delta h = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ км}$.
 $F = 749,1 \text{ Н}$ и $\Delta F = 0,91 \text{ Н}$; $V = 850 \text{ м/с}$ и $\Delta V = 36 \text{ км/ч}$.

6. Измерительный практикум

ВАРИАНТ А

Цель: научиться пользоваться штангенциркулем и микрометром; научиться оценивать точность полученного измерения, применяя теорию погрешностей.

Приборы: микрометр;
штангенциркуль;
параллелепипед с длиной a , шириной b , высотой c (рис. 7).

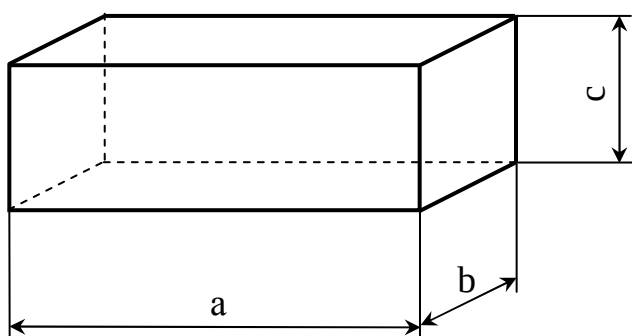


Рис. 7. Образец

Рабочая формула:

$$V = a \cdot b \cdot c,$$

где V – объем параллелепипеда, мм^3 ;
 a – длина параллелепипеда, мм ;
 b – ширина параллелепипеда, мм ;
 c – высота параллелепипеда, мм .

Таблица 2

Таблица измерений и результатов

a, MM	b, MM	b _{cp} , MM	c, MM	c _{cp} , MM	V, MM ³	ΔV, MM ³	ε, %

Порядок выполнения работы.

1. Измерить длину прямоугольника штангенциркулем 1 раз. Измерить ширину 7 раз штангенциркулем, высоту – 5 раз микрометром.
2. Рассчитать объем тела V.
3. Произвести расчет абсолютной погрешности ΔV по методу косвенных измерений.
4. Правильно представить конечный результат в виде: $V = (V \pm \Delta V)$.
5. Произвести расчет относительной погрешности ε.
6. Сделать вывод.

ВАРИАНТ Б

Цель: научиться пользоваться штангенциркулем и микрометром; научиться оценивать точность полученного измерения, применяя теорию погрешностей.

Приборы: микрометр;
штангенциркуль;
прямоугольная призма с высотой a , длиной катета b и толщиной c (рис. 8).

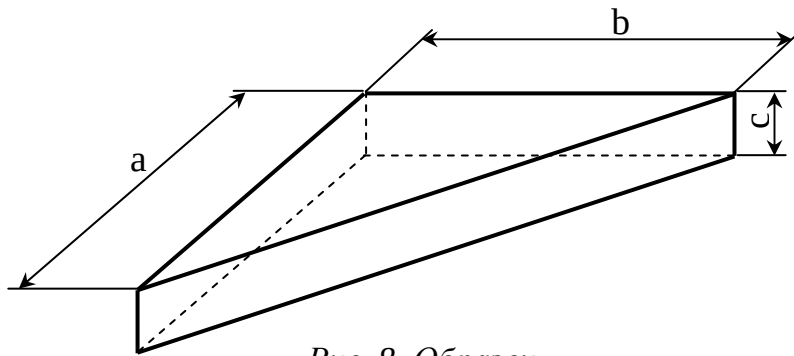


Рис. 8. Образец

Рабочая формула:

$$V = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot c,$$

где V – объем призмы, мм³;

a – высота призмы, мм;

b – длина катета призмы, мм;

c – толщина призмы, мм.

Таблица 3

Таблица измерений и результатов

а, мм	б, мм	б _{ср} , мм	с, мм	с _{ср} , мм	V, мм ³	ΔV, мм ³	ε, %

Порядок выполнения работы.

1. Измерить длину треугольника штангенциркулем 1 раз. Измерить ширину 4 раза штангенциркулем, высоту – 7 раз микрометром.
2. Рассчитать объем тела V .
3. Произвести расчет абсолютной погрешности ΔV по методу косвенных измерений.
4. Правильно представить конечный результат в виде: $V = (V \pm \Delta V)$.
5. Произвести расчет относительной погрешности ε .
6. Сделать вывод.

ВАРИАНТ С

Цель: научиться пользоваться штангенциркулем и микрометром; научиться оценивать точность полученного измерения, применяя теорию погрешностей.

Приборы: микрометр;
штангенциркуль;
цилиндр с диаметром d и высотой h (рис. 9).

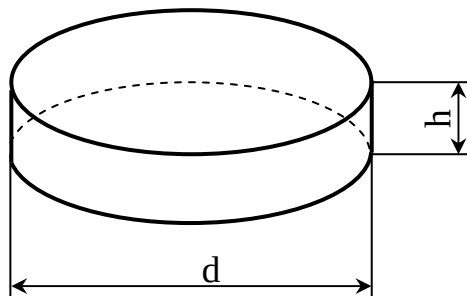


Рис. 9. Образец

Рабочая формула: $V = \frac{\pi d^2 h}{4},$

где V – объем цилиндра, мм^3 ;
 d – диаметр цилиндра, мм ;
 h – высота цилиндра, мм .

Таблица 4

Таблица измерений и результатов

d, мм	d _{ср} , мм	h, мм	h _{ср} , мм	V, мм ³	ΔV, мм ³	ε, %

Порядок выполнения работы.

1. Измерить диаметр цилиндра штангенциркулем 7 раз. Измерить высоту цилиндра 6 раз микрометром.
2. Рассчитать объем тела V.
3. Произвести расчет абсолютной погрешности ΔV по методу косвенных измерений.
4. Правильно представить конечный результат в виде: $V = (V \pm \Delta V)$.
5. Произвести расчет относительной погрешности ε.
6. Сделать вывод.

Экспериментальное оборудование и приборы

1. Простейшие измерительные приборы

Для измерения линейных величин применяются различные приборы и приспособления: масштабная линейка, измерительная лента, штангенциркуль, микрометр и др.

Измерительная лента. Измерение длины физических тел производят масштабными линейками, измерительными лентами. Величина наименьшего деления такой линейки (рис. 10) называется ценой одного деления. Обычно цена одного деления линейки, ленты равна 1 мм. На измерительной ленте – сплошная линия – целый миллиметр, а деление напротив числа – 0,5 см.

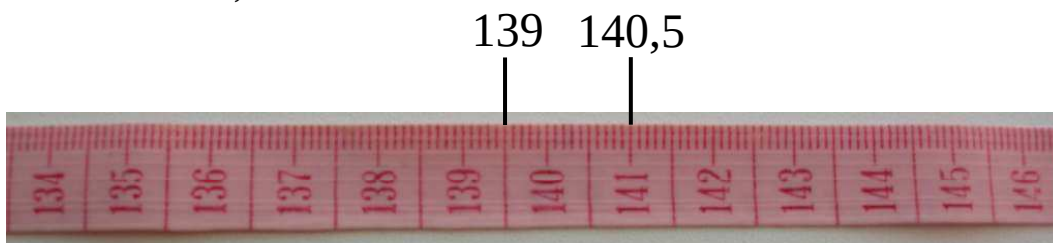


Рис. 10. Измерительная лента

Штангенциркуль. Для измерения линейных размеров тел (внешних и внутренних) используется штангенциркуль (рис. 11, 12).

Устройство и принцип работы: он представляет собой металлическую штангу **1** с нанесенной на ней миллиметровой шкалой. По основной линейке-штанге перемещается рамка с подвижными губками. Основная линейка-штанга снабжена неподвижными губками **2**, а рамка – подвижными губками **3** с параллельными краями для измерения выпуклых предметов и диаметров различных отверстий. На рамке нанесена вспомогательная шкала **6**, называемая **нониусом**. Нониус содержит 10-20 делений. Длина нониуса меньше длины основной шкалы. При соприкосновении граней губок нулевые деления основной шкалы и шкалы нониуса совпадают. Начало шкалы нониуса – его нулевая отметка – выполняет роль указателя на основной шкале.

Порядок работы с прибором: для того, чтобы измерить внешние размеры предмета, его помещают между губками **2** и **3** штангенциркуля, при этом рамка с нониусом **6** смещается, и закрепляют винт **5**. После этого производят отсчет по шкале линейки **1** числа целых миллиметров **к**, расположенных слева от нулевого деления нониуса, и номера деления

нониуса n , который совпадает с любым делением основной шкалы 1 . По формуле (13) вычисляют длину предмета L .

$$L = k \cdot b + n \frac{b}{m}, \quad (13)$$

где k – количество делений масштабной линейки, b – цена одного деления масштабной линейки, n – номер деления нониуса, который совпадает с некоторым делением масштабной линейки, m – количество делений нониуса.

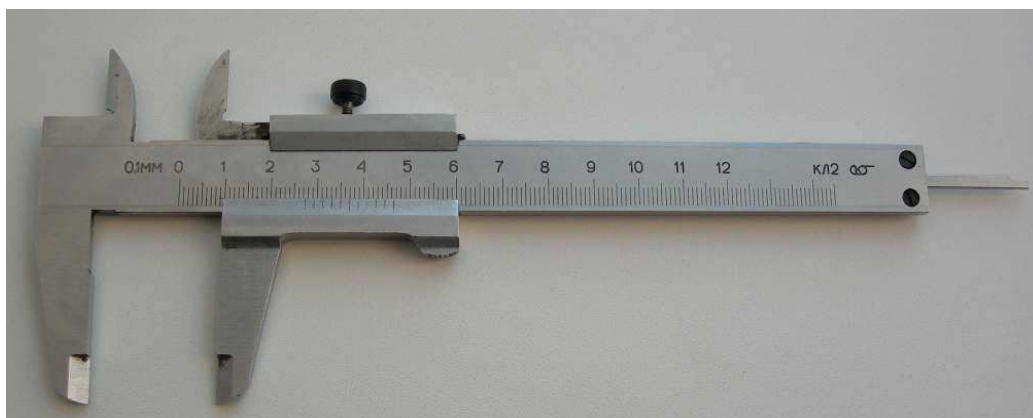


Рис. 11. Штангенциркуль

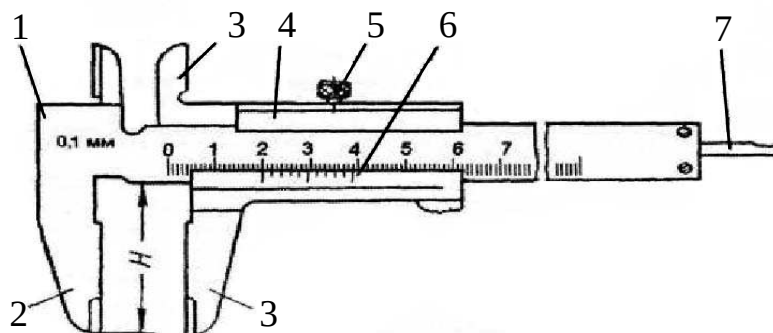


Рис. 12. Устройство штангенциркуля:

1 – штанга; 2 – губка штанги; 3 – губка рамки; 4 – рамка;
5 – зажим рамки; 6 – нониус; 7 – линейка глубиномера

Если при измерении нулевое деление нониуса точно совпадает с каким-либо штрихом основной шкалы, то определяемый размер равен целому числу миллиметров и отсчитывается по этой шкале до нулевого деления нониуса. Если же нулевая отметка расположена между штрихами основной шкалы, то число целых миллиметров будет равно количеству целых делений между нулевой отметкой шкалы и нулевым делением нониуса, а число десятых – числу делений нониуса до деления

нониуса, совпадающему с каким-либо делением основной шкалы. Так, в примере на рис. 13, а показания штангенциркуля соответствуют 7 мм, а на рис. 13, б – 7,7 мм.

При измерении внутренних размеров детали (например, внутреннего диаметра трубки) вводят измерительные губки **3** в трубку и разводят их настолько, чтобы они прилегали к внутренним стенкам трубки, и производят отсчет.

Целые миллиметры отсчитывают по делениям линейки **1** штангенциркуля, а десятые доли миллиметров – по перемещающемуся нониусу **6**, когда между губками прибора зажат измеряемый предмет.

Следует пользоваться следующим правилом: ближайшее деление масштаба линейки штангенциркуля к нулевому штриху нониуса дает целое число миллиметров, содержащихся в измеряемой длине, а деление нониуса, совпавшее с каким-нибудь делением масштаба линейки, дает число десятых долей миллиметра.

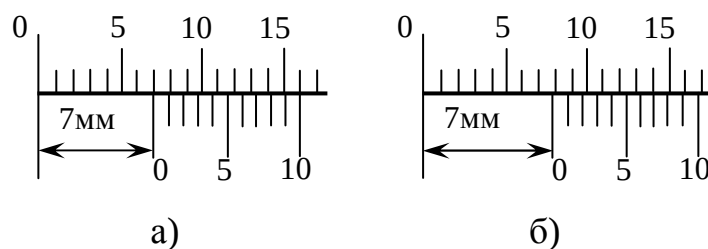


Рис. 13. Пример определения показаний штангенциркуля

Микрометр. Для измерения длины с точностью до сотых долей миллиметра применяется микрометрический винт. Микрометрический винт применяется в точных измерительных приборах (микрометр, микроскоп).

Устройство и принцип работы: микрометр (рис. 14, 15) состоит из двух основных частей: микрометрического винта **1** и скобы **2**. Микрометрический винт **1**, представляющий собой стержень с точной резьбой, проходит через отверстие скобы **2** с внутренней резьбой. Против микрометрического винта на скобе имеется упор **3**. На микрометрическом винте закреплен полый цилиндр (барабан) **4** с делениями по окружности. При вращении микрометрического винта барабан **4** скользит поступательно по линейной шкале, нанесенной на стержне **5**.

Главным источником ошибок является неравномерность нажатия винта на предмет, для устранения этого недостатка современные микрометры снабжены трещоткой **6**, действие которой основано на

трении, возникающем между винтом **3** и трещоткой **6**, поворачивающей винт. Для измерения микрометром предмет помещают между упором **3** и микрометрическим винтом **1** и вращают винт **1** за трещотку **6** до тех пор, пока измеряемый предмет не будет зажат между упором **3** и концом винта **1**, что фиксируется слабым треском.

Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал. Продольная линейная шкала стержня **5** представляет собой двойную шкалу с ценой деления $b = 0,5$ мм, нанесенную по обе стороны продольной черты. Верхние и нижние риски шкалы сдвинуты относительно друг друга на полмиллиметра; цифры представлены только для деления нижней шкалы, т.е. нижняя шкала представляет собой обычную миллиметровую шкалу. Следовательно, размер предмета определяется с точностью до 0,5 мм. Круговая шкала нанесена на барабане **4**. Цена деления барабана определяется следующим образом.



Рис. 14. Микрометр

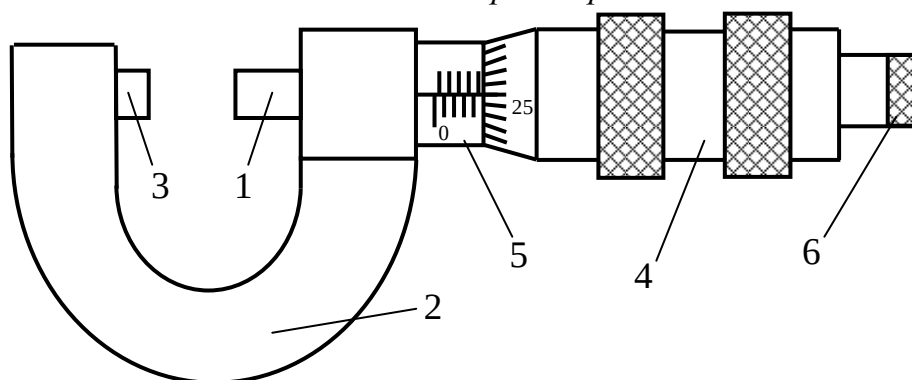


Рис. 15. Устройство микрометра:

1 – микрометрический винт; 2 – скоба; 3 – упор; 4 – барабан;
5 – стержень с линейной шкалой; 6 – трещотка.

Пусть число делений круговой шкалы $m = 50$, шаг микровинта $b = 0,5$ мм (т. е. одному полному обороту барабана соответствует перемещение края барабана на одно деление линейной шкалы, на $b = 0,5$ мм). Цена деления круговой шкалы: $a = \frac{b}{m} = \frac{0,5}{50} \text{ мм} = 0,01 \text{ мм}$, т. е. по круговой шкале отсчитываются сотые доли миллиметра.

Числовое значение длины измеряемого предмета находят по формуле:

$$L = k \cdot b + n \frac{b}{m} = (k \cdot 0,5 + n \cdot 0,01) \text{ мм}, \quad (14)$$

где k – число наименьших делений продольной шкалы, b – цена наименьшего деления этой шкалы, n – номер того деления барабана, которое в момент отсчета совпадает с осью шкалы стержня 5, b/m – цена деления на шкале барабана. Так, например на рис. 12 показания микрометра соответствуют: $L = 9 \cdot 0,5 + 26 \cdot 0,01 = 4,76 \text{ мм}$.

Термометр – (греч. therme – тепло + metreo – измеряю) прибор для измерения температуры посредством контакта с исследуемой средой



(рис. 16). Действие термометров основано на различных физических явлениях, зависящих от температуры: на тепловом расширении жидкостей, газов и твердых тел, изменении с температурой давления газа и насыщенных паров, электрического сопротивления, магнитной восприимчивости парамагнетика. Наиболее распространены *жидкостные* термометры, *манометрические* термометры, термометр *сопротивления* и *термоэлектрические* термометры.

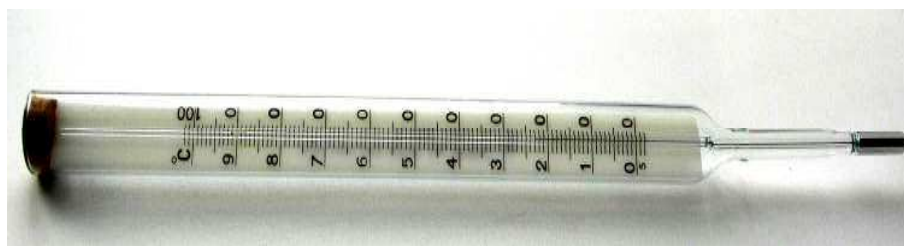


Рис. 16. Жидкостные термометры

Жидкостный термометр – это обычный стеклянный термометр, содержащий ртуть, спирт. Принцип работы такого термометра основан на изменении объема жидкости при изменении ее температуры.

Жидкость занимает меньший объем при низкой температуре и больший объем при высокой. **Цена деления термометров обычно 1°C или 2°C .**

Барометром называют прибор, используемый для измерения атмосферного давления (от греч. *baros* – тяжесть и *metron, metreo* – мера, измерение) – дословно "измеряющий тяжесть". Сейчас атмосферное давление измеряют в паскалях (сокращенно Па), но одновременно пользуются и миллиметрами ртутного столба – $760 \text{ мм. рт. ст.} = 1010 \text{ гПа}$ (гектопаскалей). Греческая приставка "гекто" (*hekation*) означает сто: $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$.

Барометр-анероид (анероид – безжидкостный) (рис. 17,18) построен по принципу абсолютного деформационного барометра, предназначен для определения атмосферного давления и используется для проведения опытов при температурах от $+5$ до $+35^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 80%. **Прибор имеет две шкалы – одна из них градуирована в ГПа, другая – в мм. рт. ст.** Диапазон измеряемого давления: от 720 до 780 мм. рт. ст; от 96000 до 104000 Па. **Цена наименьшего деления шкалы: 1 мм. рт. ст; 100 Па.**



Рис. 17. Барометр-анероид

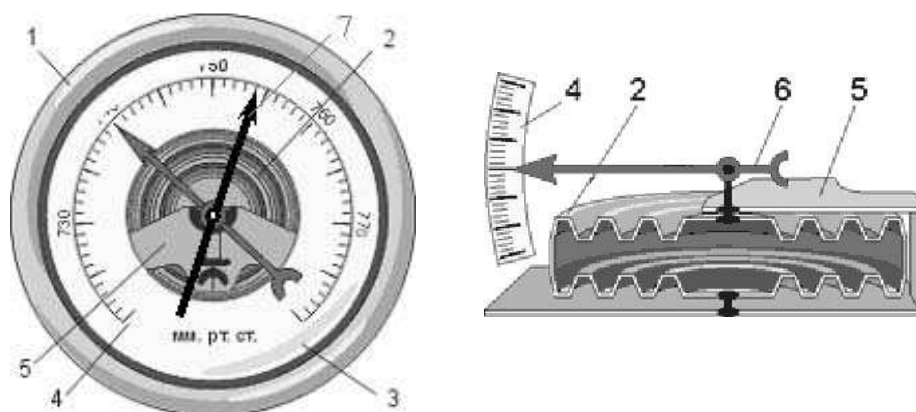


Рис. 18. Устройство барометра-анероида:

1 – корпус; 2 – анероидные коробки; 3 – стекло; 4 – шкала; 5 – стальная пружина; 6 – отсчетная стрелка; 7 – фиксирующая стрелка

Устройство и принцип работы: приемную часть прибора (рис. 18) составляют две анероидные коробки 2, растянутые стальной пружиной 5 и соединенные вместе. Для увеличения эластичности, коробки имеют кольцевые концентрические гофры. Воздух из коробок откачан до определенного давления. Действие барометра-анероида основано на свойствах мембранных коробок реагировать на изменение атмосферного давления.

При повышении атмосферного давления коробки сжимаются, а при понижении растягиваются. Этот ход коробок передается посредством системы рычагов и нитки на ось отсчетной стрелки 6. В центре корпуса смонтирована фиксирующая стрелка 7, служащая для фиксации исходного отсчета по шкале. Конец стрелки передвигается по шкале 4. Все детали барометра помещены внутрь корпуса 1, закрытого спереди стеклом 3.

Порядок работы с прибором: для работы барометр-анероид подвешивается в вертикальном положении, в месте, защищенном от прямых солнечных лучей и резких колебаний температуры. При отсчете показаний луч зрения наблюдателя должен быть перпендикулярен участку шкалы, на котором отсчитывается показание стрелки. Перед снятием показаний необходимо слегка постучать пальцем по стеклу барометра-анероида для устранения трения в рычажной передаче.

Свойство anerоидных коробок таково, что барометр-анероид с течением времени меняет свои показания. Поэтому желательно не реже одного раза в год производить сверку показаний барометра-анероида с показаниями ртутного барометра либо размещать заказ на поверку при-



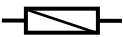
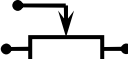
Рис. 18. Секундомер

бора специалистам органов стандартизации и метрологии либо специалистам гидро-метеослужбы. В случае самостоятельной осуществляемой поверки, отчетную стрелку подводят в соответствии с показаниями эталонного прибора путем поворота отверткой специального винта, доступ к которому имеется со стороны дна корпуса (верхнее отверстие).

Секундомер, прибор для измерения промежутков времени в часах, минутах, секундах и долях секунды. Секундомер имеет основное механическое, электрическое или электронное устройство для отсчета времени и, кроме того, специфическое устройство пуска, остановки и возврата к нулю стрелок (цифр), которое позволяет измерять промежутки времени. В наиболее распространенных малогабаритных секундомерах (рис. 18) применяют колебательную систему баланс – спираль с периодом колебаний 0,02 или 0,04 секунды при измерении промежутков времени до нескольких минут и 0,2 или 0,4 секунды – до нескольких часов. Пуск, остановку и возврат к нулю стрелок производят нажатием заводной головки и кнопок управления. **Цена деления секундомера изображенного на рисунке 18 – 0,2 секунды.**

2. Особенности проведения эксперимента с использованием электроизмерительных приборов

2.1. Условные обозначения элементов электрической цепи

-  – источник постоянного тока (гальванический элемент или аккумулятор);
-  – источник переменного тока;
-  – заземление;
-  – ключ;
-  – переключатель (коммутатор) для изменения направления тока в цепи;
-  – предохранитель;
-  – электрическая лампочка;
-  – конденсатор постоянной ёмкости;
-  – конденсатор переменной ёмкости;
-  – нерегулируемое сопротивление (резистор);
-  – реостат (сопротивление регулируемое);
-  – потенциометр (делитель напряжения);
-  – катушка с сердечником (дроссель);
-  – катушка без сердечника (соленоид);
-  – вакуумный диод (электронная лампа с двумя электродами);

- | | |
|---|--|
|  | – триод (электронная лампа с тремя электродами); |
|  | – полупроводниковый диод; |
|  | – электронный осциллограф. |

2.2. Электроизмерительные приборы

Для измерения и контроля электрических и неэлектрических величин в технике используют всевозможные измерительные приборы. Условное графическое обозначение такого прибора – окружность с двумя разнонаправленными линиями–выводами. Назначение прибора показывают, вписывая в этот символ международное (в системе СИ) обозначение единицы измеряемой величины. Так, например, прописная буква **A** обозначает прибор, измеряющий силу тока в амперах, **V** – напряжение в вольтах, **W** – мощность в ваттах, **Hz** – частоту в герцах, **Ω** – сопротивление в омах. Аналогично, чтобы показать прибор для измерения физической величины в кратных или дольных единицах, в окружность вписывают их международное обозначение (**mA** – миллиамперметр, **μA** – микроамперметр, **mV** – милливольтметр, **MΩ** – мегаомметр и т. д.). При необходимости возле линий–выводов указывают полярность подключения прибора.

Приборы для измерения силы тока:

A – амперметр;

kA – килоамперметр ($1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$);

mA – миллиамперметр ($1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$);

μA – микроамперметр ($1 \text{ μA} = 10^{-6} \text{ A}$);

Приборы для измерения напряжения:

V – вольтметр;

mV – милливольтметр ($1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$);

μV – микровольтметр ($1 \text{ μV} = 10^{-6} \text{ V}$).

Приборы для измерения электрического сопротивления:

Ω – омметр;

MΩ – мегаомметр ($1 \text{ MΩ} = 10^6 \text{ Ω}$).

На лицевой панели электроизмерительных приборов изображаются буквы, цифры и символы, отображающие особенности приборов и имеющие следующее значение:

Род тока



– постоянный ток;



– переменный ток;



– трехфазный ток.

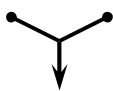
Система прибора



– прибор магнитоэлектрической системы для цепей постоянного тока;



– прибор электромагнитной системы для цепей постоянного и переменного тока;



– прибор тепловой системы, для любого тока;



– магнитоэлектрический логометр;



– выпрямительная;



– термоэлектрическая;



– электродинамическая;



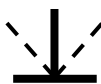
– электродинамический логометр;
– ферродинамическая;



– индукционная;



– электростатическая;



– вибрационная.

Положение прибора в работе



– горизонтальное положение шкалы;



– вертикальное положение шкалы;



– наклонное положение шкалы.

Прочность изоляции прибора



– измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2000 В.

Класс точности



– класс точности прибора, он означает относительную погрешность прибора в процентах от максимального значения шкалы прибора. Основные погрешности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5 и 4 %.

Класс точности используется при расчете абсолютной погрешности прибора.

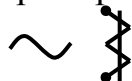
Например: амперметр с классом точности $\kappa=0,2\%$ имеет шкалу на $I_{\max} = 5\text{ А}$.

Тогда, $\kappa = \frac{\Delta I}{I_{\max}} \cdot 100\% \rightarrow \Delta I = \frac{\kappa \cdot I_{\max}}{100\%} = 0,01\text{ А}$ – абсолютная погрешность ам-

перметра.

На лицевой панели приборов могут быть другие знаки, например, товарный знак завода-изготовителя, но это не имеет значения для работы и поэтому здесь не рассматривается.

Пример:



Прибор электромагнитной системы; класс точности – 1,5%; переменного тока; со шкалой, установленной под углом 60° к горизонту.

2.3. Устройство и назначение электроизмерительных приборов

Гальванометр (гальвано... + гр. метрею измеряю) – высокочувствительный прибор для измерения малых электрических токов. Представляет собой проводящую рамку (обычно намотана тонким проводом), закрепленную на оси в магнитном поле постоянного магнита. При отсутствии тока в рамке она удерживается пружиной в некотором нулевом положении. Если же по рамке протекает ток, то рамка отклоняется на некоторый угол, который зависит от силы тока, жесткости пружины и индукции магнитного поля. При этом стрелка, закрепленная на рамке, показывает значение тока в тех единицах, в которых отградуирована шкала гальванометра (рис. 19).

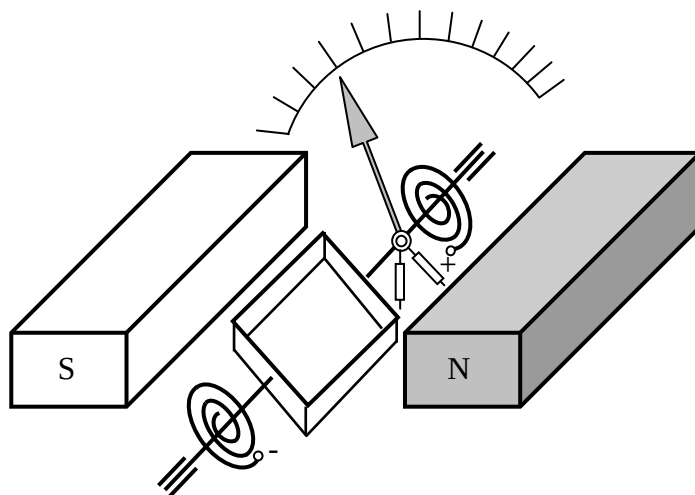


Рис. 19. Устройство гальванометра

Гальванометр является базовым блоком для построения других измерительных приборов. На основе гальванометра можно построить амперметр и вольтметр постоянного тока с произвольным пределом измерения. Если к гальванометру не подключено никаких дополнительных резисторов, то он является одновременно амперметром и вольтметром.

- Для получения амперметра необходимо подключить шунтирующий резистор параллельно гальванометру.

- Для получения вольтметра необходимо подключить гасящий резистор последовательно с гальванометром.

Для измерения заряда, протекающего через гальванометр в виде короткого одиночного импульса, используется баллистический гальванометр, в котором наблюдают не отклонение рамки, а ее максимальный отброс после прохождения импульса.

Гальванометр используется также в качестве указателя (нуль-индикатора) отсутствия тока (напряжения) в электрических цепях.

Амперметр (ампер + гр. *μετρον* измеряю) – прибор для измерения силы постоянного и/или переменного электрического тока (рис. 20). Основной частью амперметра является гальванометр*. Шкалу амперметров градуируют в амперах, килоамперах, миллиамперах или микроамперах в соответствии с пределами измерения прибора. В электрическую цепь амперметр включается *последовательно*; для увеличения предела измерений – с шунтом или через трансформатор. (Примером амперметра с трансформатором являются «токовые клещи»)



Рис. 20. Амперметр

Вольтметр – прибор для измерения постоянного и/или переменного электрического напряжения или ЭДС в электрических цепях (в мкВ, мВ, В, кВ) (рис. 21). Подключается параллельно нагрузке или источнику электрической энергии.

Основную часть вольтметра составляет гальванометр. К гальванометру последовательно присоединяется добавочное сопротивление, величина которого зависит от сопротивления гальванометра и цены деления вольтметра.

Шунт (от англ. shunt – ответвление) – электрический проводник или магнитопровод, присоединяемый параллельно электрической или магнитной цепи для ответвления части электрического тока или

магнитного потока, когда нежелательно либо невозможно весь ток (поток) пропустить через данную цепь. Шунты часто используются для расширения пределов измерения амперметра, для этого параллельно гальванометру амперметра включается добавочное электрическое сопротивление. Шунт изготавливают в виде пластины, ленты или проволоки, преимущественно из манганина, константана (электрические шунты) и магнито-мягких материалов (магнитные шунты).

Мультиметр (тестер, авометр) – электронный измерительный прибор, объединяющий в себе несколько функций. В минимальном наборе это вольтметр, амперметр и омметр (рис. 22). Существуют цифровые и аналоговые мультиметры.

Мультиметр может быть как лёгким переносным устройством, используемым для базовых измерений и поиска неисправностей, так и сложным стационарным прибором со множеством возможностей.

Омметр (Ом + гр. *μετρον* измеряю) – измерительный прибор непосредственного отсчёта для определения электрических активных (омических) сопротивлений (рис. 23). Обычно измерение производится по



Рис. 21 Вольтметр



Рис. 22. Мультиметр

постоянному току, однако, в некоторых электронных омметрах возможно использование переменного тока. Разновидности омметров: мегаомметры, тераомметры, гигаомметры, миллиомметры, микроомметры, различающиеся диапазонами измеряемых сопротивлений. По принципу действия омметры бывают магнитоэлектрические – с магнитоэлектрическим измерителем или магнитоэлектрическим логометром (мегаомметры) и электронные – аналоговые или цифровые.



Рис. 23. Омметр

Действие магнитоэлектрического омметра основано на измерении силы тока, протекающего через измеряемое сопротивление при постоянном напряжении источника питания. Для измерения сопротивлений от сотен Ом до нескольких мегаОм измеритель и измеряемое сопротивление r_x включают последовательно. В этом случае сила тока I в измерителе и отклонение подвижной части прибора пропорциональны: $I = U/(r_0 + r_x)$, где U – напряжение источника питания; r_0 – сопротивление измерителя. При малых значениях r_x (до нескольких Ом) измеритель и r_x включают параллельно.

Резистор – элемент электрической цепи, в котором происходит необратимое преобразование электромагнитной энергии в тепловую или в другие виды энергии. Основным свойством резистора является его электрическое сопротивление, которым определяется скорость такого преобразования, как произведение сопротивления на квадрат тока. Электрическое сопротивление есть физическая величина, характеризующая противодействие электрической цепи движущимся в ней носителям тока; оно равно отношению постоянного напряжения на участке пассивной цепи к постоянному току в нем при условии отсутствия на этом участке ЭДС.

Композиционные резисторы. Композиционные резисторы изготавливаются на основе аморфного углерода или графита. Эти материалы легкодоступны, дешевы, легко обрабатываются, способны

выдерживать высокие температуры и позволяют в зависимости от состава композиции получать широкий диапазон удельного сопротивления и температурного коэффициента.

Проволочные резисторы. Проволочные резисторы изготавливаются из подходящего резисторного сплава в виде проволоки, намотанной на термостойкое изоляционное основание. Поверх проволочной обмотки наносится защитное покрытие, хорошо проводящее тепло и способное выдерживать температуры 400–500° С. Проволочные резисторы высокого качества покрываются изолирующей эмалью.

Реостат (от греч. rheos – поток и латин. status – неподвижное положение, стояние) – электрическое устройство для регулирования тока и напряжения в электрической цепи путем изменения ее сопротивления. Движковый реостат (рис. 24) снабжен скользящим контактом, соприкасающимся с проволокой из резисторного сплава, намотанной на изоляционное основание.

При его перемещении изменяется сопротивление между ним и концом проволочной обмотки.

Потенциометр (от лат. potentia – сила и... метр).



Рис. 24. Реостат

1) Электроизмерительный компенсатор, прибор для определения ЭДС или напряжений компенсационным методом измерений. С использованием мер сопротивления потенциометр может применяться для измерения тока, мощности и др. электрических величин, а с использованием соответствующих измерительных преобразователей – для измерения различных неэлектрических величин (например, температуры, давления, состава газов).

2) Делитель напряжения с плавным регулированием сопротивления, устройство (в простейшем случае в виде проводника с большим омическим сопротивлением, снабженного скользящим контактом) (рис. 25), при помощи которого на вход электрической цепи может быть подана часть данного напряжения. Такие делители применяются в радиотехнике и электротехнике, в аналоговой вычислительной и в измерительной технике, а также в системах

автоматики, например в качестве датчиков линейных и угловых перемещений.

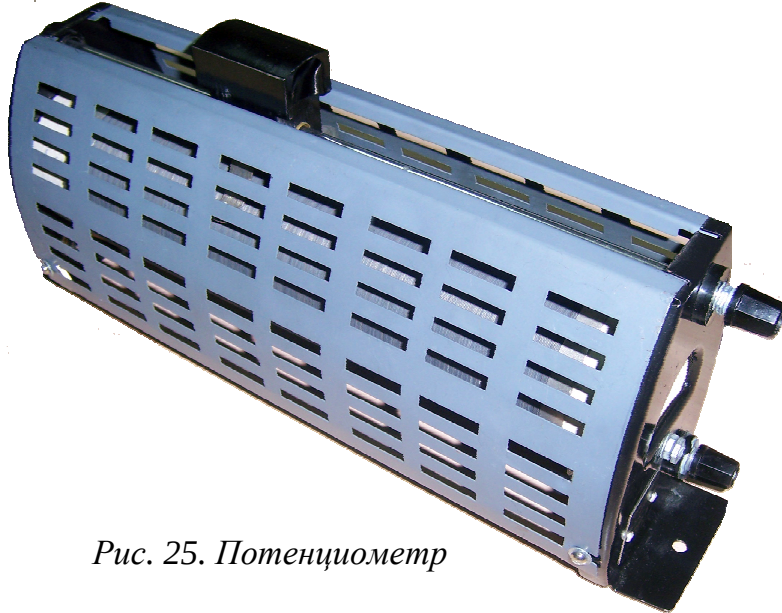


Рис. 25. Потенциометр

3. Специальное экспериментальное оборудование

Микроскоп – оптический прибор с одной или несколькими линзами для получения увеличенных изображений объектов, не видимых невооруженным глазом (рис. 26). Микроскопы бывают простые и сложные. Простой микроскоп – это одна система линз. Простым микроскопом можно считать обычную лупу-плосковыпуклую линзу. Сложный микроскоп (который часто называют просто микроскопом) представляет собой комбинацию двух простых.

Сложный микроскоп дает большее увеличение, чем простой, и обладает большей разрешающей способностью. Разрешающая способность – это возможность различения деталей образца. Сложный микроскоп имеет двухступенчатую схему. Одна система линз, называемая объективом, подводится близко к образцу; она создает увеличенное и разрешенное изображение объекта. Изображение далее увеличивается другой системой линз, называемой окуляром и помещающейся ближе к глазу наблюдателя. Эти две системы линз расположены на противоположных концах тубуса.

На рисунке 27 представлена схема типичного микроскопа. Штативная подставка 1 выполняется в виде тяжелой отливки, обычно подковообразной формы. К ней на шарнире прикреплен тубусодержатель 2, несущий все остальные части микроскопа. Тубус 3, в который вмонтированы линзовые системы, позволяет перемещать их относительно образца для фокусировки. Объектив 4 расположен на нижнем конце тубуса. Окуляр 5 вмонтирован в конец выдвижного держателя (который позволяет изменять длину тубуса, когда это необходимо). Весь тубус с объективом и окуляром можно передвигать вверх и вниз, наводя микроскоп на резкость, используя винт грубого перемещения 6 и микрометрический винт 7. Образец в виде очень тонкого прозрачного материала, слоя или среза кладут на прямоугольную стеклянную пластинку, называемую предметным стеклом, и накрывают сверху более тонкой стеклянной пластинкой меньших размеров, называемой покровным стеклом. Предметное стекло кладут на предметный столик 8 так, чтобы образец находился над центральным отверстием столика. Под предметным столиком расположено осветительное зеркало 9, устанавливаемое в универсальном шарнире, которое отбрасывает свет лампы на образец, за счет чего вся оптическая система микроскопа и создает видимое изображение. Увеличение.

Увеличение микроскопа равно произведению увеличения объектива на увеличение окуляра. Для типичного исследовательского микроскопа увеличение окуляра равно 10, а увеличение объективов – 10, 45 × 100. Следовательно, увеличение такого микроскопа составляет от 100 до 1000. Увеличение некоторых микроскопов достигает 2000. Для наблюдения сверхмалых объектов применяют электронные микроскопы.



Рис. 26. Микроскоп

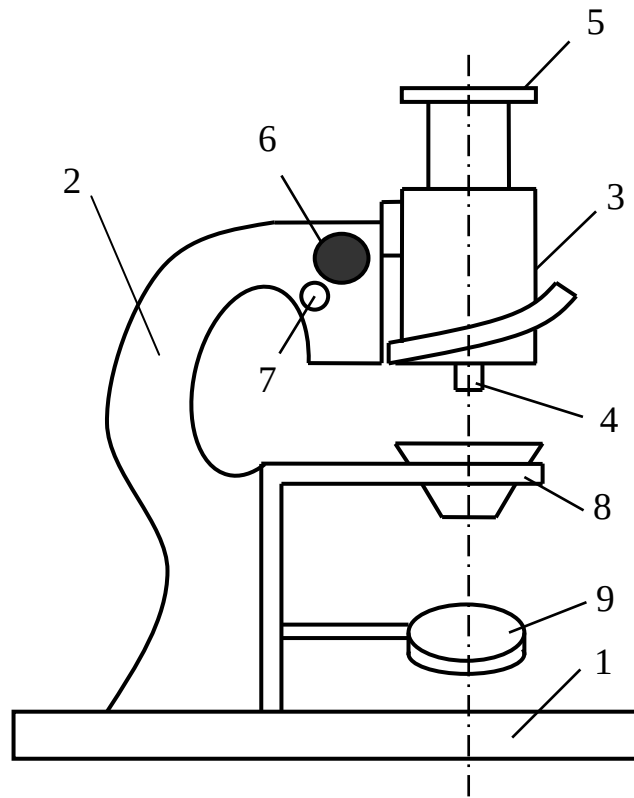


Рис. 27. Схема микроскопа:

1 – штативная подставка; 2 – тубусодержатель, 3 – тубус, 4 – объектив, 5 – окуляр, 6 – винт грубого перемещения оптической системы (кремальера), 7 – микрометрический винт, 8 – предметный столик, 9 – осветительное зеркало

Прибор Горячкина (оптическая шайба) – используется для изучения законов геометрической оптики – законов отражения и преломления света (рис. 28). Общая схема прибора Горячкина дана на рис. 29. Основные элементы прибора – экран 1, осветитель 2, который можно закрепить в любом месте окружности экрана с помощью сферической шайбы и гайки, расположенных на задней стороне экрана и подставка 3. Под осветителем расположены гнездо для светофильтра 4 и вращающиеся плоские зеркала для вывода световых лучей в нужном направлении 5. На экране расположен упругий зажим 6 для закрепления зеркал (плоских, выпуклых, вогнутых) и призм (прямоугольных, трапециевидных).

Линзы – представляют собой прозрачные тела, ограниченные двумя поверхностями (одна из них обычно сферическая, иногда цилиндрическая, а вторая — сферическая или плоская), преломляющими световые лучи, способные формировать оптические

изображения предметов. Материалом для линз служат стекло, кварц, кристаллы, пластмассы и т. п. По внешней форме (рис. 30) линзы делятся на: 1) двояковыпуклые; 2) плосковыпуклые; 3) двояковогнутые; 4) плосковогнутые; 5) выпукло-вогнутые; 5) вогнуто-выпуклые. По оптическим свойствам линзы делятся на собирающие и рассеивающие.



Рис. 28. Оптическая шайба

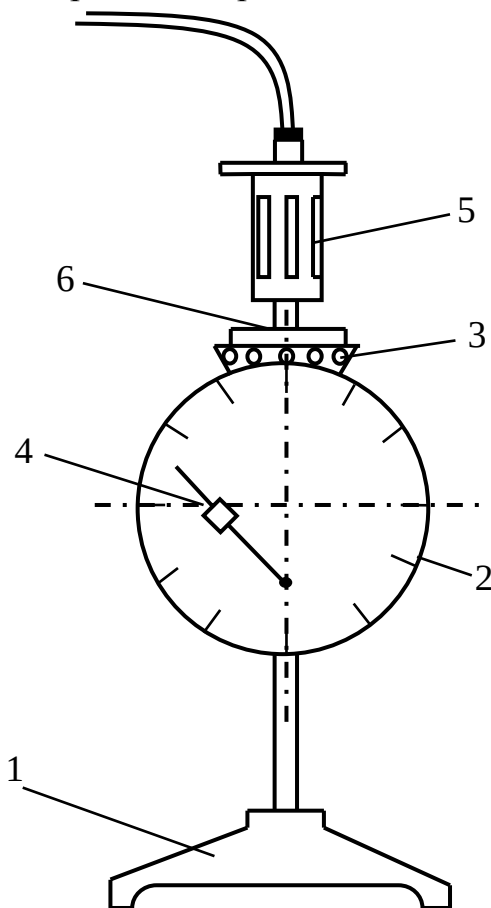


Рис. 29. Прибор Горячкина:

1 – подставка, 2 – экран, 3 – вращающиеся плоские зеркала для вывода световых лучей в нужном направлении, 4 – упругий зажим для закрепления на экране зеркал и призм, 5 – осветитель, который можно закрепить в любом месте окружности экрана с помощью сферической шайбы и гайки, расположенных на задней стороне экрана; 6 – гнездо для светофильтра

Линза называется тонкой, если ее толщина (расстояние между ограничивающими поверхностями) значительно меньше по сравнению с радиусами поверхностей, ограничивающих линзу. Прямая, проходящая через центры кривизны поверхностей линзы, называется главной

оптической осью. Для всякой линзы существует точка, называемая оптическим центром линзы, лежащая на главной оптической оси и обладающая тем свойством, что лучи проходят сквозь нее не преломляясь. Оптический центр O линзы для простоты будем считать совпадающим с геометрическим центром средней части линзы (это справедливо только для двояковыпуклой и двояковогнутой линз с одинаковыми радиусами кривизны обеих поверхностей; для плосковыпуклых и плосковогнутых линз оптический центр O лежит на пересечении главной оптической оси со сферической поверхностью).

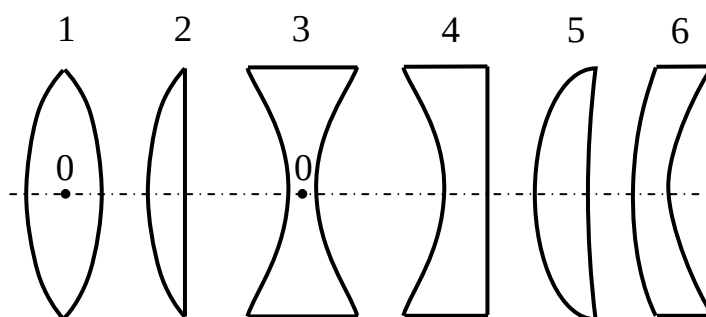


Рис. 30. Виды линз:

1 – двояковыпуклые, 2 – плосковыпуклые, 3 – двояковогнутые, 4 – плосковогнутые, 5 – выпукло-вогнутые, 6 – вогнуто-выпуклые

Люксметр (от латинского *lux* – свет и метр), переносный прибор для измерения освещенности (рис. 31), один из видов фотомеров. Простейший люксметр состоит из селенового фотоэлемента, который преобразует световую энергию в энергию электрического тока, и измеряющего этот фототок цифрового микроамперметра со шкалами, проградуированными в люксах (измерителя). Селеновый фотоэлемент находится в пластмассовом корпусе и присоединяется к измерителю шнуром с вилкой. Разные шкалы соответствуют различным диапазонам измеряемой освещенности; переход от одного



Рис. 31. Люксметр

диапазона к другому осуществляют переключением кнопок на передней панели измерителя, изменяющее сопротивление электрической цепи. Ещё более высокие освещённости можно измерять, используя надеваемые на фотоэлемент светорассеивающие насадки, которые ослабляют падающее на элемент излучение в определённое число раз.

Кривые относительной спектральной чувствительности селенового фотоэлемента и среднего человеческого глаза неодинаковы; поэтому показания люксметра зависят от спектрального состава излучения. Люкметры более высокого класса оснащаются корректирующими светофильтрами, в сочетании с которыми спектральная чувствительность фотоэлемента приближается к чувствительности глаза; насадкой для уменьшения ошибок при измерении освещённости, создаваемой косо падающим светом; контрольной приставкой для проверки чувствительности прибора. Пространственные характеристики освещения измеряют люксметрами с насадками сферической и цилиндрической формы. Имеются модели люксметров с приспособлениями для измерения яркости.

Дозиметры – устройства, предназначенные для измерения доз ионизирующих излучений или величин, связанных с дозами. Дозиметрические приборы служат для измерения доз одного вида излучения (нейтронов, гамма-лучей, бета- и альфа-частиц) или смешанного излучения.

Принцип работы типичного дозиметрического прибора заключается в следующем. В детекторе происходит поглощение энергии излучения, приводящее к возникновению радиационных эффектов (изменение электропроводности веществ (газов, жидкостей, твердых материалов); люминесценция (свечение) некоторых веществ; засвечивание фотопленок; изменение цвета, окраски, прозрачности, сопротивления электрическому току некоторых химических растворов и др.), величина которых измеряется с помощью измерительных устройств. По отношению к измерительной аппаратуре детектор является датчиком сигналов. Показания дозиметрического прибора регистрируются выходным устройством (стрелочные приборы, самописцы, электромеханические счётчики, звуковые или световые сигнализаторы и т. п.).

По способу эксплуатации различают дозиметрические приборы стационарные, переносные (можно переносить только в выключенном состоянии) и носимые. Дозиметрические приборы, используемые для измерения дозы излучения, получаемой каждым человеком,

находящимся в зоне облучения, называются индивидуальными дозиметрами (рис. 32).

В России, на основе рекомендаций Международной комиссии по радиационной защите, применяется метод защиты населения нормированием (табл. 5).



Рис. 32. Дозиметры бытовые портативные

Таблица 5

Предельно допустимые дозы облучения

Дозовые пределы		
Категория и название критических органов человека	Предельно допустимая доза для категории А за год, бэр	Предел дозы для категории Б за год, бэр
I. Всё тело, красный костный мозг	5	0,5
II. Мышцы, щитовидная железа, печень, жировая ткань, лёгкие, селезёнка, хрусталик глаза, желудочно-кишечный тракт	15	1,5
III. Кожный покров, кисти, костная ткань, предплечья, стопы, лодыжки	30	3,0

Предельно допустимая доза ионизирующего излучения – гигиенический норматив, регламентирующий наибольшее допустимое значение индивидуальной эквивалентной дозы во всем теле человека или в отдельных органах, которое не вызовет в состоянии здоровья лиц, работающих с источниками ионизированного излучения, неблагоприятных изменений. Разработанные нормы радиационной безопасности учитывают три категории облучаемых лиц:

А – персонал, т.е. лица, постоянно или временно работающие с источниками ионизирующего излучения;

Б – ограниченная часть населения, т.е. лица, непосредственно не занятые на работе с источниками ионизирующих излучений, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могущие подвергаться воздействию ионизирующих излучений;

В – всё население.

Каждый житель Земли (категория В) на протяжении всей своей жизни ежегодно облучается дозой в среднем 250–400 мбэр. Полученная доза складывается из природных и искусственных источников ионизирующего излучения.

Справочные материалы

Особенности расчетов при решении физических задач

Числовые значения величин, которыми приходится оперировать при решении физических задач, являются большей частью приближенными. Поэтому при вычислениях нужно придерживаться следующих правил:

1. Достаточно производить вычисления с числами, содержащими не более знаков, чем в исходных данных, так как с помощью вычислений невозможно получить результат более точный, чем исходные данные.

2. При сложении или вычитании чисел, имеющих различную точность, более точное должно быть округлено до точности менее точного.

Например: $9,6 + 0,176 = 9,6 + 0,2 = 9,8$; $100,8 - 0,4 = 100,4$.

3. При умножении (делении) следует округлять сомножители, чтобы каждый из них содержал столько значащих цифр, сколько их имеет сомножитель с наименьшим числом значащих цифр.

Например: $342 \cdot 378 = 129 \cdot 10^3$, но не 129276 и не 129300;

$0,148 \cdot 0,183 = 7,65 \cdot 10^{-3}$, но не 0,0076494;

$0,350 : 3 = 0,117$, но не 0,11667.

4. При извлечении корня n-степени, результат должен иметь столько значащих цифр, сколько их имеет подкоренное выражение.

Например: $\sqrt[3]{1,33 \cdot 10^{-27}} = 1,10 \cdot 10^{-3}$.

5. При вычислении сложных выражений соблюдаются правила в зависимости от вида производимых действий.

6. Когда число мало отличается от единицы, можно пользоваться приближенными формулами.

Если a, b, c – малы по сравнению с единицей (меньше 0,05), то:

$$1) (1 \pm a) \cdot (1 \pm b) \cdot (1 \pm c) = 1 \pm a \pm b \pm c; \quad 2) \sqrt{1 \pm a} = 1 \pm \frac{a}{2};$$

$$3) (1 \pm a)^n = 1 \pm n \cdot a; \quad 4) \frac{1}{(1 \pm a)^n} = 1 \pm a \cdot n;$$

$$5) \frac{1}{(1 \pm a)} = 1 \pm a; \quad 6) e^n = 1 + a;$$

$$7) \ln(1 \pm a) = \pm a - \frac{a^2}{2}.$$

7. Если $a \ll 0$, то в первом приближении можно принять:

$$\begin{aligned} \frac{1}{1 \pm a} &= 1 \pm a; & \sqrt{1 \pm a} &= 1 \pm \frac{1}{2}a; & e^a &= 1 + a; \\ (1 \pm a)^2 &= 1 \pm 2a; & \frac{1}{\sqrt{1 \pm a}} &= 1 \pm \frac{1}{2}a; & \ln(1 + a) &= a. \end{aligned}$$

8. Если угол α мал ($\alpha < 5^\circ$ или $\alpha < 0,1$ рад) и выражен в радианах, то в первом приближении можно принять: $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \alpha$, $\cos \alpha = 1$.

Соблюдая эти правила можно сэкономить время на вычисления искомых величин при решении физических задач.

Некоторые сведения из математики

Таблица 6

Правила действия со степенями и корнями

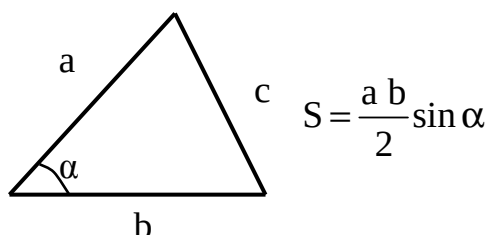
$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$	$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$
$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$	$\sqrt[n]{a \cdot b} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$
$a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m$	$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$
$a^n = \frac{1}{a^{-n}}$	$1 / \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \sqrt[n]{\frac{b}{a}}$
$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$	

Таблица 7

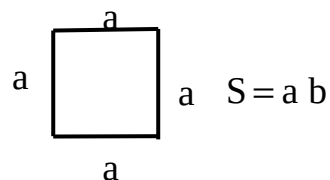
Разность квадратов	$a^2 - b^2 = (a - b) \cdot (a + b)$
Квадрат двучлена	$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$
Формула корней квадратного уравнения $ax^2 + bx + c = 0$	$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

Продолжение приложения 3

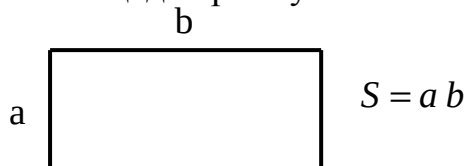
Площадь треугольника



Площадь квадрата



Площадь прямоугольника



Площадь трапеции

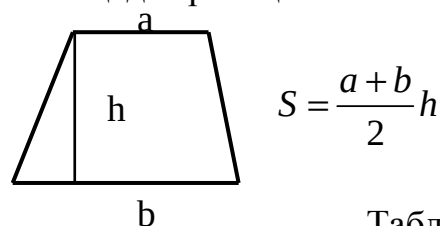


Таблица 8

Площадь сферы радиусом R	$S = 4\pi R^2$
Площадь круга радиусом R	$S = \pi R^2$
Длина окружности радиусом R	$l = 2\pi R$
Объем сферы радиусом R	$V = \frac{4}{3}\pi R^3$
Объем цилиндра высотой H с радиусом основания R	$V = \pi R^2 H$
Объем куба со стороной a	$V = a^3$
Объем конуса высотой H с радиусом основания R	$V = \frac{1}{3}\pi R^2 H$

Таблица 9

Основные производные

$y = u + v - \omega$	$y' = u' + v' - \omega'$
$y = u v$	$y' = u' v + u v'$
$y = \frac{u}{v}$	$y' = \frac{u' \cdot v - u \cdot v'}{v^2}$
$y = const$	$y' = 0$
$y = Ax$	$y' = A, где A - const$
$y = x^n$	$y' = nx^{n-1}$
$y = \sin x$	$y' = \cos x$
$y = \sin Ax$	$y' = A \cos Ax, A - const$

$y = \cos x$	$y' = -\sin x$
$y = \cos Ax$	$y' = -A \sin Ax$
$y = a^x$	$y' = a^x \ln a$
$y = \operatorname{tg} x$	$y' = \frac{1}{\cos^2 x}$

Некоторые интегралы

$$\int x^m \cdot dx = \frac{x^{m+1}}{m+1}, \quad m = \text{const} \neq -1$$

$$\int \frac{dx}{x} = \ln x$$

$$\int \frac{dx}{x^2} = \int x^{-2} \cdot dx = -\frac{1}{x}$$

$$\int \sin x \cdot dx = -\cos x$$

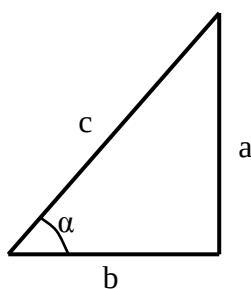
$$\int \cos x \cdot dx = \sin x$$

$$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x$$

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x$$

$$\int \frac{dx}{\sin x} = \ln \left(\operatorname{tg} \frac{x}{2} \right)$$

Тригонометрические функции острого угла



$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$$

Теорема Пифагора

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Теорема косинусов

$$a^2 = c^2 + b^2 - 2cb \cos \alpha$$

Таблица 10

Основные тригонометрические тождества

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$	$1 + \cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha$
$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$	$1 - \cos 2\alpha = 2 \sin^2 \alpha$
$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$	$1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2 \alpha}$
$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}$	$1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2 \alpha}$

Таблица 11

Формулы приведения

α	$\alpha + (\pi/2)$	$\alpha + \pi$	$\alpha + (3\pi/2)$	$(\pi/2) - \alpha$	$\pi - \alpha$	$(3\pi/2) - \alpha$
sin	$\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$-\cos \alpha$
cos	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$
tg	$-ctg \alpha$	$tg \alpha$	$-ctg \alpha$	$ctg \alpha$	$-tg \alpha$	$ctg \alpha$
ctg	$-tg \alpha$	$ctg \alpha$	$-tg \alpha$	$tg \alpha$	$-ctg \alpha$	$tg \alpha$

Тригонометрические функции двойного аргумента

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha; \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha; tg 2\alpha = \frac{2tg \alpha}{1 - tg^2 \alpha}$$

Таблица 12

Единицы СИ

Величина		Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение
Основные единицы			
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	К
Количество вещества	ν	моль	моль
Сила света	J	кандела	кд
Дополнительные единицы			
Плоский угол	—	радиан	рад
Телесный угол	—	стерадиан	ср

Таблица 13

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка		Множитель
Наименование	обозначение	
пэта	П	10^{15}
тера	Т	10^{12}
гига	Г	10^9
мега	М	10^6

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 13

кило	к	10^3
гекто	г	10^2
санти	с	10^{-2}
милли	м	10^{-3}
микро	мк	10^{-6}
нано	н	10^{-9}
пико	п	10^{-12}
фемто	ф	10^{-15}

Таблица 14

Основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Нормальное ускорение свободного падения	g	$9,81 м / с^2$
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11} м^3 / (кг \cdot с^2)$
Постоянная Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} моль^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	$8,31 Дж / (моль \cdot K)$
Молярный объём идеального газа (при нормальных условиях)	V_M	$22,4 \cdot 10^{-3} м^3 / моль$
Постоянная Фарадея	F	96485 Кл/моль
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} Дж / K$
Элементарный заряд	e	$1,60 \cdot 10^{-19} Кл$
Скорость света в вакууме	c	$3,00 \cdot 10^8 м / с$
Постоянная Стефана – Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} Вт / (м^2 \cdot K^4)$
Постоянная закона смещения Вина	b	$2,90 \cdot 10^{-3} м \cdot K$
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с$
Постоянная Планка	$\hbar$	$1,05 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с$
Постоянная Ридберга	R	$1,10 \cdot 10^7 м^{-1}$
Радиус Бора	a	$0,529 \cdot 10^{-10} м$
Комптоновская длина волны электрона	Λ	$2,43 \cdot 10^{-12} м$
Магнетон Бора	μ_B	$0,927 \cdot 10^{-23} А \cdot м^2$
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18} Дж (13,6 эВ)$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} Ф / м$

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 14

Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн / м}$
Масса покоя электрона	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	
Масса покоя протона	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	
Масса покоя нейтрона	$1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	

Таблица 15

Некоторые внесистемные единицы физических величин

1 год = 365,25 сут = $3,16 \cdot 10^7 \text{ с}$	1 мм. рт. ст. = 133,3 Па.
1 сут = 86400 с	1 атм. = 760 мм. рт. ст. $\approx 10^5 \text{ Па}$
$1^\circ = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ рад.}$	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м. (ангстрем)}$
$1' = 2,91 \cdot 10^{-4} \text{ рад.}$	1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$
$1'' = 4,85 \cdot 10^{-6} \text{ рад.}$	1 кал = 4,19 Дж
	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг (Рентген)}$
1 л.с. = 736 Вт	1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Нормальные условия: давление 10^5 Па , температура 0°C .

Данные о Земле, Луне и Солнце

Таблица 16

Земля

Радиус	$6,378164 \cdot 10^6 \text{ м}$
Средняя плотность	$5,518 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Масса	$5,976 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Ускорение свободного падения у поверхности	$9,81 \text{ м/с}^2$
На широте 45°	$9,8 \text{ м/с}^2$
На экваторе	$9,78 \text{ м/с}^2$
На полюсе	$9,83 \text{ м/с}^2$
Средняя скорость движения по орбите	29,76 км/ч
Линейная скорость точки земной поверхности на широте 60°	223 м/с
Среднее расстояние до солнца	$1,49598 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Наибольшая высота суши над уровнем океана (гора Джомолунгма (Эверест))	8882 м
Наибольшая глубина Мирового океана (Марианская впадина, Тихий океан)	11500 м

Таблица 17

Луна

Радиус	$1,737 \cdot 10^6 \text{ м}$
Средняя плотность	$3,33 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Масса	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}$
Ускорение свободного падения у поверхности	$1,62 \text{ м/с}^2$
Среднее расстояние до Луны	$3,844 \cdot 10^8 \text{ м}$

Таблица 18

Солнце

Радиус	$6,9599 \cdot 10^8 \text{ м}$
Средняя плотность	$1,41 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Масса	$1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Ускорение свободного падения	274 м/с^2

Таблица 19

Свойства некоторых твердых веществ

Вещество	Плотность, 10^3 кг/м^3	Температура плавления, °С
Алюминий	2,6	660
Железо	7,9	1530
Золото	19,32	1063
Латунь	8,4	900
Лед	0,9	0
Медь	8,6	1083
Олово	7,2	232
Платина	21,4	1770
Парафин	0,87	42
Свинец	11,3	327
Серебро	10,5	960
Сталь	7,7	1300
Смола	1,1	—
Цинк	7,0	420
Чугун	7,8	1100
Гипс	1,5	
Бетон	2,0	
Гранит, стекло	2,5	
Кирпич	1,8	

Таблица 20

Плотности жидкостей

Вещество	$10^3 \cdot \text{кг/м}^3$	Вещество	$10^3 \cdot \text{кг/м}^3$
Бензин, эфир	0,70	Ртуть	13,6
Вода морская	1,1	Глицерин	1,26
Вода чистая при 4^0C	1	Масло подсолнечное	0,92
Керосин, спирт	0,8	Молоко	1,05

Таблица 21

Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м^3
Водород	0,09
Воздух	1,29
Гелий	0,18
Кислород	1,43

Таблица 22

Коэффициент трения скольжения
(при движении, для сухих поверхностей)

Бронза по бронзе	0,2
Дерево по дереву	0,33
Железо по железу	0,4
Металл по дереву (в среднем)	0,16
Лед по льду	0,035
Каучук по дереву или металлу	0,55
Ремень кожаный по чугунному шкиву	0,56

Таблица 23

Удельная теплоемкость $\text{кДж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$

Вещество	
Твердые тела	
Алюминий	0,88
Лед	2,1
Медь	0,38
Олово	0,23
Свинец	0,13
Серебро	0,23
Сталь	0,46

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 23

Жидкости	
Вода	4,19
Ртуть	0,12
Спирт	2,4
Газы (при постоянном давлении)	
Азот	1,05
Водород	14,3
Воздух	1,01
Гелий	5,29
Кислород	0,913

Таблица 24

Удельная теплота парообразования кДж / (кг·К)

Вещество	
Вода	2,3
Ртуть	0,29
Спирт	0,85

Таблица 25

Температура конденсации некоторых газов °С
(при нормальном давлении)

Вещество	
Азот	-195
Водород	-253
Гелий	-269
Кислород	-183

Таблица 27

Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей, мН/м
(при 20°С)

Вода	73	Молоко	46
Бензин	21	Нефть	30
Керосин	24	Ртуть	510
Мыльный раствор	40	Спирт	22

Таблица 28

Удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг

Бензин	46	Порох	3,8
Дерево	10	Спирт	29
Дизельное топливо	42	Топливо для реактив-	
Каменный уголь	29	ных самолетов	
Керосин	46	Условное топливо	43
			29

Таблица 29

Удельная теплота плавления кДж / (кг·К)

Вещество	
Алюминий	380
Лед	330
Медь	180
Олово	59
Свинец	25
Серебро	87
Сталь	82

Таблица 30

Удельная теплота парообразования кДж / (кг·К)
(при нормальном давлении)

Вещество	
Вода	2,3
Ртуть	0,29
Спирт	0,85

Таблица 31

Зависимость давления p и плотности ρ насыщенного водяного пара от температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$
-5	0,40	3,2	11	1,33	10,0
0	0,61	4,8	12	1,40	10,7
1	0,65	5,2	13	1,49	11,4
2	0,71	5,6	14	1,60	12,1
3	0,76	6,0	15	1,71	12,8
4	0,81	6,4	16	1,81	13,6
5	0,88	6,8	17	1,93	14,5
6	0,93	7,3	18	2,07	15,4
7	1,0	7,8	19	2,20	16,3
8	1,06	8,3	20	2,33	17,3
9	1,14	8,8	25	3,17	23,0
10	1,23	9,4	50	12,3	33,0

Таблица 32

Психрометрическая таблица

Показания сухого пси- хрометра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	53	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	59	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	85	79	73	67	61	55	50	44	39

Таблица 33

Предел прочности на растяжение $\sigma_{пр}$ и модуль упругости E

Вещество	$\sigma_{пр}$, МПа	E , ГПа
Алюминий	100	70
Латунь	50	100
Свинец	15	17
Серебро	140	80
Сталь	500	210

Таблица 34

Подвижность ионов в газах, $m^2 \cdot V \cdot c$

Газ	Положительные ионы	Отрицательные ионы
Азот	$1,27 \cdot 10^{-4}$	$1,81 \cdot 10^{-4}$
Водород	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
Воздух	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$

Таблица 35

Диэлектрическая проницаемость

Алмаз	16,5	Парафин	2
Масло	5	Парафинированная бумага	2
Воск	7,8	Слюда	6
Вода	81	Стекло	7
Керосин	2	Фарфор	6
Лёд ($-18^{\circ}C$)	3,2	Эбонит	2,6
Резина	3	Янтарь	2,7

Таблица 36

Удельное сопротивление проводников ($10^{-7} \Omega \cdot m$)

Алюминий	0,28	Нихром	11,0
Вольфрам	0,55	Олово	1,2
Графит	0,39	Платина	1,05
Железо	1,2	Ртуть	9,4
Кобальт	0,62	Свинец	2,1
Латунь	0,71	Серебро	0,16
Медь	0,17	Сталь	0,12
Никелин	4,2	Цинк	0,59
Никель	0,73		

Таблица 37
Температурный коэффициент сопротивления (10^{-3}K^{-1})

Алюминий	3,6	Нихром	0,4
Вольфрам	4,2	Олово	4,2
Железо	6,0	Платина	3,8
Латунь	1,0	Свинец	3,7
Медь	4,2	Серебро	3,6
Никелин	0,1	Сталь	6,0
Никель	6,2		

Таблица 38
Электрохимические эквиваленты, мг/Кл (10^{-6} кг/Кл)

Алюминий (Al^{3+})	0,093	Никель (Ni^{2+})	0,36
Водород (H^{+})	0,0104	Серебро (Ag^{+})	1,12
Кислород (O^{2-})	0,083	Хром (Cr^{3+})	0,18
Медь (Cu^{2+})	0,33	Цинк (Zn^{2+})	0,34
Олово (Sn^{2+})	0,62		

Таблица 39
Работа выхода электронов из металла, 10^{-19} Дж

Вольфрам	7,2	Платина	8,5
Калий	3,2	Серебро	7,5
Литий	3,8	Цезий	3,2
Натрий	4,0	Цинк	6,6

Таблица 40
Энергия ионизации (эВ)

Водород	13,6	Литий	75,6
Гелий	24,6	Ртуть	10,4

Таблица 41

Период полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ изотопа	Период полураспада
Актиний	$^{225}_{89}\text{Ac}$	10 сут
Иод	$^{131}_{53}\text{I}$	8 сут
Иридий	$^{192}_{77}\text{Ir}$	75 сут
Кобальт	$^{60}_{27}\text{Co}$	5,3 года
Магний	$^{27}_{12}\text{Mg}$	10 мин
Радий	$^{219}_{88}\text{Ra}$	10^{-3} с
Радий	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$1,62 \cdot 10^3$ лет
Радон	$^{222}_{86}\text{Rn}$	3,8 сут
Стронций	$^{90}_{38}\text{Sr}$	28 лет
Торий	$^{229}_{90}\text{Th}$	$7 \cdot 10^3$ лет
Уран	$^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ лет
Фосфор	$^{32}_{15}\text{P}$	14,3сут
Натрий	$^{22}_{11}\text{Na}$	2,6 года

Таблица 42

Масса нейтральных атомов

Элемент	Порядковый номер	Изотоп	Масса, а.е.м.
Водород	1	^1H	1,00783
		^2H	2,01410
		^3H	3,01605
Гелий	2	^3He	3,01603
		^4He	4,00260
Литий	3	^6Li	6,01513
		^7Li	7,01601
Бериллий	4	^7Be	7,01693
		^9Be	9,01219
		^{10}Be	10,01354
Бор	5	^9B	9,01333
		^{10}B	10,01294
		^{11}B	11,00931

Продолжение приложения 3

Продолжение таблицы 42

Углерод	6	^{10}C ^{12}C ^{13}C ^{14}C	10,00168 12,00000 13,00335 14,00324
Азот	7	^{13}N ^{14}N ^{15}N	13,00574 14,00307 15,00011
Кислород	8	^{16}O ^{17}O ^{18}O	15,99491 16,99913 17,99916
Фтор	9	^{19}F	18,99840
Натрий	11	^{22}Na ^{23}Na	21,99444 22,98977
Магний	12	^{23}Mg	22,99414
Алюминий	13	^{30}Al	29,99817
Кремний	14	^{31}Si	30,97535
Фосфор	15	^{31}P	30,97376
Калий	19	^{41}K	40,96184
Кальций	20	^{44}Ca	43,95549
Свинец	82	^{206}Pb	205,97446
Полоний	84	^{210}Po	209,98297

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

425

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII					
I	1	1 H водород 1.00794(7)							2 He гелий 4.002602(2)					
II	2	3 Li литий 6.941(2)	4 Be верилий 9.012182(3)	5 B бор 10.811(7)	6 C углерод 12.0107(8)	7 N азот 14.0067(2)	8 O кислород 15.9994(3)	9 F фтор 18.9984032(5)	10 Ne неон 20.1797(6)					
III	3	11 Na натрий 22.989770(2)	12 Mg магний 24.3050(6)	13 Al алюминий 26.981538(2)	14 Si кремний 28.0855(3)	15 P фосфор 30.973761(2)	16 S сера 32.065(5)	17 Cl хлор 35.453(2)	18 Ar аргон 39.948(1)					
IV	4	19 K калий 39.0983(1)	20 Ca кальций 40.078(4)	21 Sc скандий 44.955910(8)	22 Ti титан 47.867(1)	23 V ванадий 50.9415(1)	24 Cr хром 51.9961(6)	25 Mn марганец 54.938049(9)	26 Fe железо 55.845(2)	27 Co кобальт 58.933200(9)	28 Ni никель 58.6934(2)			
	5	29 Cu медь 63.546(3)	30 Zn цинк 65.409(4)	31 Ga галлий 69.723(1)	32 Ge германий 72.64(1)	33 As мышьяк 74.92160(2)	34 Se селен 78.96(3)	35 Br бром 79.904(1)	36 Kr криптон 83.798(2)					
V	6	37 Rb рубидий 85.4678(3)	38 Sr стронций 87.62(1)	39 Y иттрий 88.90585(2)	40 Zr цирконий 91.224(2)	41 Nb ниобий 92.90638(2)	42 Mo молибден 95.94(2)	43 Tc технеций [97.9072]	44 Ru рутений 101.07(2)	45 Rh родий 102.90550(2)	46 Pd паладий 106.42(1)			
	7	47 Ag серебро 107.8682(2)	48 Cd кадмий 112.411(8)	49 In индий 114.818(3)	50 Sn олово 118.710(7)	51 Sb сурьма 121.760(1)	52 Te теллур 127.60(3)	53 I йод 126.90447(3)	54 Xe ксенон 131.293(6)					
VI	8	55 Cs цезий 132.90545(2)	56 Ba барий 137.327(7)	57–71 La–Lu лантаноиды 138.9055(2)	72 Hf гафний 178.49(2)	73 Ta тантал 180.9479(1)	74 W вольфрам 183.84(1)	75 Re рений 186.207(1)	76 Os осмий 190.23(3)	77 Ir иридий 192.217(3)	78 Pt платина 195.078(2)			
	9	79 Au золото 196.96655(2)	80 Hg ртуть 200.59(2)	81 Tl таллий 204.3833(2)	82 Pb свинец 207.2(1)	83 Bi висмут 208.98038(2)	84 Po полоний [208.9824]	85 At астат [209.9871]	86 Rn радон [222.0176]					
VII	10	87 Fr франций [223.0197]	88 Ra радий [226.0254]	89–103 Ac–Lr актиноиды	104 Ku курчатовий [261.1088]	105 Ns нильсборий [262.1141]	106 Sg seaborgium [266.1219]	107 Bh bohrium [264.12]	108 Hs хассий [277]	109 Mt мейтнерий [268.1388]	110 Ds дармстатий [271]			
лантаноиды														
57 La–Lu лантан 138.9055(2)	58 Ce церий 140.116(1)	59 Pr празеодим 140.90765(2)	60 Nd неодим 144.24(3)	61 Pm прометий [144.9127]	62 Sm самарий 150.36(3)	63 Eu европий 151.964(1)	64 Gd гадолиний 157.25(3)	65 Tb тербий 158.92534(2)	66 Dy диспрозий 162.500(1)	67 Ho гольмий 164.93032(2)	68 Er эрбий 167.259(3)	69 Tm тулий 168.93421(2)	70 Yb иттербий 173.04(3)	71 Lu лютеций 174.967(1)
актиноиды														
89 Ac актиний [227.0277]	90 Th торий 232.0381(1)	91 Pa протактиний 231.03588(2)	92 U уран 238.02891(3)	93 Np нептуний [237.0482]	94 Pu плутоний [244.0642]	95 Am америций [243.0614]	96 Cm кюриум [247.0704]	97 Bk берклий [247.0703]	98 Cf калифорний [251.0796]	99 Es эйнштейний [252.0830]	100 Fm фермий [257.0951]	101 Md менделевий [258.0984]	102 No нобелий [259.1010]	103 Lr лоуренсий [262.1097]

426

Синусы												
Градусы	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	
0	0,0000	0,0017	0,0035	0,0052	0,0070	0,0087	0,0105	0,0122	0,0140	0,0157	0,0175	89
1	0,0175	0,0192	0,0209	0,0227	0,0244	0,0262	0,0279	0,0297	0,0314	0,0332	0,0349	88
2	0,0349	0,0366	0,0384	0,0401	0,0419	0,0436	0,0454	0,0471	0,0488	0,0506	0,0523	87
3	0,0523	0,0541	0,0558	0,0576	0,0593	0,0610	0,0628	0,0645	0,0663	0,0680	0,0698	86
4	0,0698	0,0715	0,0732	0,0750	0,0767	0,0785	0,0802	0,0819	0,0837	0,0854	0,0872	85
5	0,0872	0,0889	0,0906	0,0924	0,0941	0,0958	0,0976	0,0993	0,1011	0,1028	0,1045	84
6	0,1045	0,1063	0,1080	0,1097	0,1115	0,1132	0,1149	0,1167	0,1184	0,1201	0,1219	83
7	0,1219	0,1236	0,1253	0,1271	0,1288	0,1305	0,1323	0,1340	0,1357	0,1374	0,1392	82
8	0,1392	0,1409	0,1426	0,1444	0,1461	0,1478	0,1495	0,1513	0,1530	0,1547	0,1564	81
9	0,1564	0,1582	0,1599	0,1616	0,1633	0,1650	0,1668	0,1685	0,1702	0,1719	0,1736	80
10	0,1736	0,1754	0,1771	0,1788	0,1805	0,1822	0,1840	0,1857	0,1874	0,1891	0,1908	79
11	0,1908	0,1925	0,1942	0,1959	0,1977	0,1994	0,2011	0,2028	0,2045	0,2062	0,2079	78
12	0,2079	0,2096	0,2113	0,2130	0,2147	0,2164	0,2181	0,2198	0,2215	0,2233	0,2250	77
13	0,2250	0,2267	0,2284	0,2300	0,2317	0,2334	0,2351	0,2368	0,2385	0,2402	0,2419	76
14	0,2419	0,2436	0,2453	0,2470	0,2487	0,2504	0,2521	0,2538	0,2554	0,2571	0,2588	75
15	0,2588	0,2605	0,2622	0,2639	0,2656	0,2672	0,2689	0,2706	0,2723	0,2740	0,2756	74
16	0,2756	0,2773	0,2790	0,2807	0,2823	0,2840	0,2857	0,2874	0,2890	0,2907	0,2924	73
17	0,2924	0,2940	0,2957	0,2974	0,2990	0,3007	0,3024	0,3040	0,3057	0,3074	0,3090	72
18	0,3090	0,3107	0,3123	0,3140	0,3156	0,3173	0,3190	0,3206	0,3223	0,3239	0,3256	71
19	0,3256	0,3272	0,3289	0,3305	0,3322	0,3338	0,3355	0,3371	0,3387	0,3404	0,3420	70
	60'	54'	48'	4 2'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	Градусы
Косинусы												

Синусы

Градусы	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	
20	0,3240	0,3437	0,3453	0,3469	0,3486	0,3502	0, 3518	0,3535	0,3551	0,3567	0,3584	69
21	0,3584	0,3600	0,3616	0,3633	0,3649	0,3665	0,3681	0,3697	0,3714	0,3730	0,3746	68
22	0,3746	0,3762	0,3778	0,3795	0,3811	0,3827	0,3843	0,3859	0,3875	0,3891	0,3907	67
23	0,3907	0,3923	0,3939	0,3955	0,3971	0,3987	0,4003	0,4019	0,4035	0,4051	0,4067	66
24	0,4067	0,4083	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4163	0,4179	0,4195	0,4210	0,4226	65
25	0,4226	0,4242	0,4258	0,4274	0,4289	0,4305	0,4321	0,4337	0,4352	0,4368	0,4384	64
26	0,4384	0,4399	0,4415	0,4431	0,4446	0,4462	0,4478	0,4493	0,4509	0,4524	0,4540	63
27	0,4540	0,4555	0,4571	0,4586	0,4602	0,4617	0,4633	0,4648	0,4664	0,4679	0,4695	62
28	0,4695	0,4710	0,4726	0,4741	0,4756	0,4772	0,4787	0,4802	0,4818	0,4833	0,4848	61
29	0,4848	0,4863	0,4879	0,4894	0,4909	0,4924	0,4939	0,4955	0,4970	0,4985	0,5000	60
30	0,5000	0,5015	0,5030	0,5045	0,5060	0,5075	0,5090	0,5105	0,5120	0,5135	0,5150	59
31	0,5150	0,5165	0,5180	0,5195	0,5210	0,5225	0,5240	0,5255	0,5270	0,5284	0,5299	58
32	0,5299	0,5314	0,5329	0,5344	0,5358	0,5373	0,5388	0,5402	0,5417	0,5432	0,5446	57
33	0,5446	0,5461	0,5476	0,5490	0,5505	0,5519	0,5534	0,5548	0,5563	0,5577	0,5592	56
34	0,5592	0,5606	0,5621	0,5635	0,5650	0,5664	0,5678	0,5693	0,5707	0,5721	0,5736	55
35	0,5736	0,5750	0,5764	0,5779	0,5793	0,5807	0,5821	0,5835	0,5850	0,5864	0,5878	54
36	0,5878	0,5892	0,5906	0,5920	0,5934	0,5948	0,5962	0,5976	0,5990	0,6004	0,6018	53
37	0,6018	0,6032	0,6046	0,6060	0,6074	0,6088	0,6101	0,6115	0,6129	0,6143	0,6157	52
38	0,6157	0,6170	0,6184	0,6198	0,6211	0,6225	0,6239	0,6252	0,6266	0,6280	0,6293	51
39	0,6293	0,6307	0,6320	0,6334	0,6347	0,6361	0,6374	0,6388	0,6401	0,6414	0,6428	50
40	0,6428	0,6441	0,6455	0,6468	0,6481	0,6494	0,6508	0,6521	0,6534	0,6547	0,6561	49
41	0,6561	0,6574	0,6587	0,6600	0,6613	0,6626	0,6639	0,6652	0,6665	0,6678	0,6691	48
42	0,6691	0,6704	0,6717	0,6730	0,6743	0,6756	0,6769	0,6782	0,6794	0,6807	0,6820	47
43	0,6820	0,6833	0,6845	0,6858	0,6871	0,6884	0,6896	0,6909	0,6921	0,6934	0,6947	46
44	0,6947	0,6959	0,6972	0,6984	0,6997	0,7009	0,7022	0,7034	0,7046	0,7059	0,7071	45
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	Градусы

Косинусы

428

Синусы												
Градусы	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	
45	0,7071	0,7083	0,7096	0,7108	0,7120	0,7133	0,7145	0,7157	0,7169	0,7181	0,7193	44
40	0,7193	0,7206	0,7218	0,7230	0,7242	0,7254	0,7266	0,7278	0,7290	0,7302	0,7314	43
47	0,7314	0,7325	0,7337	0,7349	0,7361	0,7373	0,7385	0,7396	0,7408	0,7420	0,7431	42
48	0,7431	0,7443	0,7455	0,7466	0,7478	0,7490	0,7501	0,7513	0,7524	0,7536	0,7547	41
49	0,7547	0,7559	0,7570	0,7581	0,7593	0,7604	0,7615	0,7627	0,7638	0,7649	0,7660	40
50	0,7660	0,7672	0,7683	0,7694	0,7705	0,7716	0,7727	0,7738	0,7749	0,7760	0,7771	39
51	0,7771	0,7782	0,7793	0,7804	0,7815	0,7826	0,7837	0,7848	0,7859	0,7869	0,7880	38
52	0,7880	0,7891	0,7902	0,7912	0,7923	0,7934	0,7944	0,7955	0,7965	0,7976	0,7986	37
53	0,7986	0,7997	0,8007	0,8018	0,8028	0,8039	0,8049	0,8059	0,8070	0,8080	0,8090	36
54	0,8090	0,8100	0,8111	0,8121	0,8131	0,8141	0,8151	0,8161	0,8171	0,8181	0,8192	35
55	0,8192	0,8202	0,8211	0,8221	0,8231	0,8241	0,8251	0,8261	0,8271	0,8281	0,8290	34
56	0,8290	0,8300	0,8310	0,8320	0,8329	0,8339	0,8348	0,8358	0,8368	0,8377	0,8387	33
57	0,8387	0,8396	0,8406	0,8415	0,8425	0,8434	0,8443	0,8453	0,8462	0,8471	0,8480	32
58	0,8480	0,8490	0,8499	0,8508	0,8517	0,8526	0,8536	0,8545	0,8554	0,8563	0,8572	31
59	0,8572	0,8581	0,8590	0,8599	0,8607	0,8616	0,8625	0,8634	0,8643	0,8652	0,8660	30
60	0,8660	0,8669	0,8678	0,8686	0,8695	0,8704	0,8712	0,8721	0,8729	0,8738	0,8746	29
61	0,8746	0,8755	0,8763	0,8771	0,8780	0,8788	0,8796	0,8805	0,8813	0,8821	0,8829	28
62	0,8829	0,8838	0,8846	0,8854	0,8862	0,8870	0,8878	0,8886	0,8894	0,8902	0,8910	27
63	0,8910	0,8918	0,8926	0,8934	0,8942	0,8949	0,8957	0,8965	0,8973	0,8980	0,8988	26
64	0,8988	0,8996	0,9003	0,9011	0,9018	0,9026	0,9033	0,9041	0,9048	0,9056	0,9063	25
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	Градусы

Косинусы

Синусы												
Градусы	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	60'	
65	0,9063	0,9070	0,9078	0,9085	0,9092	0,9100	0,9107	0,9114	0,9121	0,9128	0,9135	24
66	0,9135	0,9143	0,9150	0,9157	0,9164	0,9171	0,9178	0,9184	0,9191	0,9198	0,9205	23
67	0,9205	0,9212	0,9219	0,9225	0,9232	0,9239	0,9245	0,9252	0,9259	0,9265	0,9272	22
68	0,9272	0,9278	0,9285	0,9291	0,9298	0,9304	0,9321	0,9317	0,9323	0,9330	0,9336	21
69	0,9336	0,9342	0,9348	0,9354	0,9361	0,9367	0,9373	0,9379	0,9385	0,9391	0,9397	20
70	0,9397	0,9403	0,9409	0,9415	0,9421	0,9426	0,9433	0,9438	0,9444	0,9449	0,9455	19
71	0,9455	0,9461	0,9466	0,9472	0,9478	0,9486	0,9489	0,9494	0,9500	0,9505	0,9511	18
72	0,9511	0,9516	0,9521	0,9527	0,9532	0,9537	0,9542	0,9548	0,9553	0,9558	0,9563	17
73	0,9563	0,9568	0,9573	0,9578	0,9583	0,9588	0,9593	0,9598	0,9603	0,9608	0,9613	16
74	0,9013	0,9617	0,9622	0,9627	0,9632	0,9636	0,9641	0,9646	0,9650	0,9655	0,9659	15
75	0,9659	0,9664	0,9668	0,9673	0,9677	0,9681	0,9686	0,9690	0,9694	0,9699	0,9703	14
76	0,9703	0,9707	0,9711	0,9715	0,9720	0,9724	0,9728	0,9732	0,9736	0,9740	0,9744	13
77	0,9744	0,9748	0,9751	0,9755	0,9759	0,9763	0,9767	0,9770	0,9774	0,9778	0,9781	12
78	0,9781	0,9785	0,9789	0,9792	0,9796	0,4799	0,9803	0,9806	0,9810	0,9813	0,9816	11
79	0,9816	0,9820	0,9823	0,9826	0,9829	0,9833	0,9836	0,9839	0,9842	0,9845	0,9848	10
80	0,9848	0,9851	0,9854	0,9857	0,9860	0,9863	0,9866	0,9869	0,9871	0,9874	0,9877	9
81	0,9877	0,9880	0,9882	0,9885	0,9888	0,9890	0,9893	0,9895	0,9898	0,9900	0,9903	8
82	0,9903	0,9905	0,9907	0,9910	0,9912	0,9914	0,9917	0,9919	0,9921	0,9923	0,9925	7
83	0,9925	0,9928	0,9930	0,9932	0,9934	0,9936	0,9938	0,9940	0,9942	0,9943	0,9945	6
84	0,9945	0,9947	0,9949	0,9951	0,9952	0,9954	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9962	5
85	0,9962	0,9963	0,9965	0,9966	0,9968	0,9969	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	0,9976	4
86	0,9976	0,9977	0,9978	0,9979	0,9980	0,9981	0,9982	0,9983	0,9984	0,9985	0,9986	3
87	0,9986	0,9987	0,9988	0,9989	0,9990	0,9990	0,9991	0,9992	0,9993	0,9993	0,9994	2
88	0,9994	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998	0,9998	0,9998	1
89	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0
	60'	54'	48'	42'	36'	30'	24'	18'	12'	6'	0'	Градусы

Косинусы

Список литературы

1. Абросимов Б.Ф. Физика. Способы и методы поиска решения задач [Текст]/ Б.Ф. Абросимов. – М.: Изд-во «Экзамен», 2006. – 287 с.
2. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения: пособие для учителей [Текст] / В.А. Балаш – М.: Просвещение, 1974. – 430 с.
3. Беликов Б.С. Решение задач по физике. Общие методы [Текст] / Б.С. Беликов. – М.: Высшая школа, 1986. – 256 с.
4. Бершадский М.Е. Понимание как педагогическая категория [Текст] / М.Е. Бершадский. – М.: Педагогический поиск, 2004. – 176 с.
5. Богдан В.И. Практикум по методике решения физических задач [Текст]/ В.И. Богдан, В.А. Бондарь, Д.П. Кульбицкий, В.Я. Яковенко. – Минск: Высшэйшая школа, 1983. – 242 с.
6. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] – <http://www.rubricon.com>.
7. Бутырский Г.А. Электроизмерительный прибор как объект исследования при решении экспериментальных задач [Текст] / Г.А. Бутырский // Учебная физика / март – апрель 1997, №2 – С.38–43.
8. Буховцев Б.Б. Сборник задач по элементарной физике. Пособие для самообразования [Текст] / Б.Б. Буховцев, В.Д. Кривченков, Г.Я. Мякишев, В.П. Шальнов. – М.: Наука, 1966. – 442 с.
9. Варикаш В.М. Избранные задачи по физике с решениями [Текст] / В.М. Варикаш, М.С. Цедрик. – Минск, Высшэйш. Школа, 1967. – 268 с.
10. Варикаш В.М. Физика в живой природе / В. М. Варикаш, Б.А. Кимбар, И.М. Варикаш. – Минск: Народная асвета, 1984 [Электронный ресурс] – <http://www.aqa.ru>.
11. Веретейник, В.И. Физика. Методы решения тестовых заданий [Текст] / В.И. Веретейник, Ю.А. Сивов, Н.Д. Толмачева, В.Д. Хоружий. – Томск. Изд. ТПУ, 2004. – 142 с.
12. Веретельник, В.И. Банк задач по физике для поступающих в ТПУ [Текст] / В.И. Веретельник, Ю.А. Сивов, В.Д. Хоружий. – Томск, 2002. – 207 с.
13. Веретельник В.И. Особенности выполнения тестовых заданий по физике. Ч.1 [Текст]/ В.И. Веретельник, А.Ф. Горбачев и др., ТПУ, 2002.
14. Веретельник В.И. Особенности выполнения тестовых заданий по физике. Ч. II [Текст] / В.И. Веретельник, А.Ф. Горбачёв и др. – ТПУ, 2002. – 150 с.
15. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики [Текст]/ В. С. Волькенштейн. – М.: Наука, 1985. – 381 с.

16. Вольский, И.А. Полифункциональная экспериментальная задача [Текст] / И.А. Вольский, П.В. Зуев // Учебная физика / январь–февраль 2000, №1 – С. 12–15.
17. Гельфгат И.М. 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями [Текст] / И.М. Гельфгат, Л.Э. Генденштейн, Л.А. Кирик. – М.: Илекса, 2005. – 352 с.
18. Гин А. Синтез физических задач [Электронный ресурс] / А. Гин <http://www.trizway.com/art/article/61.html>
19. Горнов А.М. Реализация Госстандарта по физике в основной школе: Методическое пособие [Текст] / А.М. Горнов, А.Г. Логвиненко, С.А. Тимошенко – ОблИУУ. – Кемерово, 1995. – 112 с.
20. Громов С.В. Физика: Механика. Теория относительности. Электродинамика. Учеб. для 10 кл. общеобразоват. Учреждений [Текст] / С.В. Громов; Под ред. Н.В. Шароновой. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2002. – 383 с.
21. Губанов В.В. Физика. Подготовка к ЕГЭ. Учебно-методическое пособие [Текст] / В.В. Губанов. – Саратов: Лицей, 2005. – 96 с.
22. Гурова Л.Л. Психологический анализ решения задач [Текст] / Л.Л. Гурова. – Воронеж: Изд-во Воронеж, ун-та, 1976 – 314 с.
23. Гурьев Л.Г. Сборник задач по общему курсу физики [Текст] / Л.Г. Гурьев, А.В. Кортиев. – М.: Высшая школа, 1966. – 408 с.
24. Демонстрационный вариант ЕГЭ по физике 2007 г.
25. ЕГЭ-2007. Физика: Сборник заданий [Текст] / Г.Г. Никифоров, В.А. Орлов, Н.К. Ханнанов. – М.: Просвещение, Эксмо, 2007. – 240 с.
26. Зелеченко, В. М. Физика в задачах. Часть II: Молекулярная физика и термодинамика [Текст] / В.М. Зелеченко, В.В. Ларионов, В.И. Шишковский – Учебное пособие. – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2006. – 180 с.
27. Игрупполо В.С. Физика: алгоритмы, задачи, решения: Пособие для всех, кто изучает и преподаёт физику [Текст] / В.С. Игрупполо, Н.В. Вязников – М.: Илекса, Ставрополь: Сервисшкола, 2002. – 592 с.
28. Каменецкий, С. Е. Методика решения задач по физике в средней школе [Текст] / С.Е. Каменецкий, В.П. Орехов – М. Просвещение, 1987. – 336 с.
29. Касаткина И. Л. Репетитор по физике. Т.1 [Текст] / И.Л. Касаткина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 893 с.
30. Касаткина И. Л. Репетитор по физике. Т.2 [Текст] / И.Л. Касаткина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 890 с.

31. Кокин В.А. Система задач как один из путей повышения качества изучения физики в основной школе [Текст]: диссертация к. пед. н. / В.А. Кокин. – Челябинск, 2003. – 194 с.
32. Коханов К.А. Кировские экспериментальные задачи [Текст] / К.А. Коханов, М.В. Гырдымов, П.Я. Кантор, Л.И. Василевская // Методическая газета 1 сентября: Физика. 2008. – №3. С. 35–36.
33. Красин М.С. Система эвристических приёмов решения задач по физике: теория методика, примеры [Текст]: учебно-методическое пособие / М.С. Красин. – Калуга: Калужский государственный педагогический университет им. К.Э. Циолковского, 2005. – 148 с.
34. Лошкевич И.Г. Обучение учащихся конструированию физических задач [Текст] / И.Г. Лошкевич // Фізика: Проблеми викладання. 2003. – №4, – С. 67.
35. Маркова С. О роли задач в обучении физики [Электронный ресурс] / С. Маркова, В. Спажкин, Е. Кондакова. – <http://som.fio.ru/getblob>
36. Материалы ЕГЭ и ЦТ, 2002–2007.
37. Материалы контрольных работ заочной ФМШ НГУ, 1996–1998.
38. Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении [Текст] / А.М. Матюшкин. – М.: Педагогика, 1972. – 196 с.
39. Меледин Г.Ф. Физика в задачах: экзаменационные задачи с решениями [Текст]. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
40. Методическое письмо «О преподавании физики в средней школе с учетом результатов единого государственного экзамена 2005 года» [Текст] / подг. Демидовой М.Ю., Нурминским И.И. – М.: ФИПИ, 2006.
41. Мясников С.П. Пособие по физике [Текст] / С.П. Мясников, Т.Н. Осанова. – М.: Высшая школа, 1988. – 399 с.
42. Наумчик В.Н. Физика. Решение задач повышенной сложности [Текст]. – Мн.: Мисанта, 2003. – 320 с.
43. Низамов И.М. Задачи по физике с техническим содержанием [Текст]/ И.М. Низамов. – М.: Просвещение, 1980. – 96 с.
44. Одинцова В.И. Физика. Практический курс подготовки к экзаменам, зачётам [Текст] / В.И. Одинцова, Н.Е. Кургаева. – М.: ЗАО «РОСМЭН-ПРЕСС», 2006. – 228 с.
45. Орлов В.А. Продуктивная познавательная деятельность при решении физических задач [Текст] / В.А. Орлов, Н.М. Павлуцкая // Физика в школе 2008. – №5, С. 19–23.
46. Парфентьева Н. Решение задач по физике. Часть I. [Текст] / Н. Парфентьева, М. Фомина. – М.: Высшая школа, 1982. – 239 с.
47. Пинский А.А. Задачи по физике [текст]: учебное пособие / А.А. Пинский. – М.: Наука, 1977 – 288 с.

48. Пойя Дж. Математическое открытие. Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание [Текст] / Д. Пойя – М., Наука, 1970. – 452 с.
49. Полицинский Е. В. Физика. Понимание учебного материала через решение физических задач. Учебное пособие [Текст]: учебное пособие / Е.В. Полицинский. – ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2004 – 114 с.
50. Полицинский Е. В. Задачи по физике [Текст]: методическое пособие / Е.В. Полицинский. – ИПЛ ЮФ ТПУ, 2003 – 104 с.
51. Полицинский Е.В. Задачи для подготовки учащихся по курсу физики средней школы (раздел механика) [Текст]: учебное пособие / Е.В. Полицинский, Е.А. Румбешта – Юрга: Изд-во ЮТИ ТПУ, 2006 – 114 с.
52. Полицинский Е.В. К вопросу обучения стратегиям поиска решений задач по физике [Текст] / Е.В. Полицинский // Модернизация инженерного образования: проблемы и перспективы / Труды VI Всероссийской научно-практической конференции. – Юрга, 2008 – С. 286–293.
53. Полицинский Е.В. К организации деятельности по конструированию задач по физике [Текст] / Е.В. Полицинский // Преподавание естественных наук, математики и информатики в вузе и школе. Материалы международной научно-практической конференции ТГПУ, Томск, 2008. – С. 132–136.
54. Полицинский Е.В. Обучение школьников решению физических задач на основе деятельностного подхода [Текст]: автореферат к. пед. н. / Е.В. Полицинский. – Томск, 2007. – 22 с.
55. Полицинский Е.В. Обучение школьников решению физических задач на основе деятельностного подхода [Текст]: дис. к. пед. н. / Е.В. Полицинский. – Томск, 2007. – 190 с.
56. Полицинский Е.В. Реализация деятельностного подхода в процессе обучения школьников решению физических задач [Текст] / Е.В. Полицинский, Е.А. Румбешта // Вестник ТГПУ, 2006 Выпуск 6 (57) Серия: Естественные и точные науки, с.164–168.
57. Регельман В.И. Обучающие трехуровневые тесты по физике [Электронный ресурс] <http://www.physics-regelman.com/high/Photoeffect>
58. Румбешта Е.А. Моделирование системы физического эксперимента как средство подготовки учащихся в основной школе [Текст]: монография / Е.А. Румбешта Томск: Издательство государственного педагогического университета, 2005. – 248 с.
59. Румбешта Е.А. Элективные курсы для физического профиля и предпрофильной подготовки учащихся по физике [Текст]: методическое пособие. – Томск: ТГПУ, 2005 – 84 с.

60. Рыбакова Г.И. Сборник задач по общей физике [Текст]: учебное пособие для тех. вузов / Г.И. Рыбакова – М. Высшая школа, 1984. – 159 с.
61. Рымкевич А.П. Физика. Задачник. 9 – 11 кл. [Текст]: учеб. пособие для общеобразоват. учеб. заведений – М.: Дрофа, 1997. – 208 с.
62. Рябоволов Г.И. Сборник дидактических заданий по физике [Текст]: учеб. пособие для техникумов / Г.И. Рябоволов и др. – М.: Высшая школа, 1990. – 512 с.
63. Савченко Н.Е. Решение задач по физике [Текст] / Н.Е. Савченко. – Минск: Вышейшая школа, 1977. – 239 с.
64. Склянкин А.А. МГУ-2007: Вступительные испытания по физике на факультеты химический, биоинженерии и биоинформатики [Текст] / А.А. Склянкин, А.В. Зотеев // Методическая газета 1 сентября: Физика. 2008. – №3. С.39 – 40.
65. Соболева С.А. Физика. Пособие по подготовке к единому государственному экзамену и централизованному тестированию [Текст]. – СПб.: Издательство «Тригон», 2004. – 528 с.
66. Сохор А.М. Логическая структура учебного материала. Вопросы дидактического анализа [Текст] / А.М. Сохор. – М.: Педагогика, 1974. – 192 с.
67. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы [Текст]: под ред. С. Е. Каменецкого и Н. С. Пурышевой М.: ACADEMIA. – 2000. – 367 с.
68. Теслева Е.П. Задачи и задания по физике для диагностики и формирования экспериментальных, информационных и логических умений. Часть II. Электромагнетизм, электромагнитные колебания и волны: учебно-методическое пособие / Е.П. Теслева, Е.В. Полицинский – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2007. – 109 с.
69. Тихомиров Ю.В. Физика. Части 1 и 2. [Текст]: пособие для поступающих в высшие технические заведения и учащихся выпускных классов школ / Ю.В. Тихомиров. – РИО МГТУГА, 1997.
70. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., испр. [текст] / Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова – М.: Высшая школа, 2001. – 591 с.
71. Тулькибаева Н. Н. Решение задач по физике. Психолого-методический аспект [текст] / Н.Н. Тулькибаева, Л.М. Фридман, М.А. Драпкин, Е.С. Валович, Г.Д. Бухарова. – Челябинск: Изд. ИГПИ «Факел», ИВВАИУ и Урал. Гос. проф. пед. ун-та, 1995. – 120 с.

72. Тульчинский М.Е. Качественные задачи по физике в средней школе [текст]: пособие для учителей, изд. 4-е / М.Е. Тульчинский – М., Просвещение, 1972. – 240 с.
73. Усова А.В. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики [Текст] / А.В. Усова, А.А. Бобров. – М.: Просвещение, 1988. – 112 с.
74. Фадеева А.А. Методические рекомендации по разработке контрольных измерительных материалов для проведения единого государственного экзамена по физике. Результаты единого государственного экзамена 2003 г. по физике [текст] / А.А. Фадеева, В.А. Орлова, А.И. Нурминский – М.: «Уникум-Центр», 2004.
75. Физика. Методические указания и контрольные задания для студентов – заочников инженерно – технических специальностей [текст]. – М.: Высшая школа, 1987 – 209 с.
76. Фридман Л.М. Как научиться решать задачи [Текст] / Л.М. Фридман, Е.Н. Турецкий, В.Я. Стаценко. – М.: Просвещение, 1989. – 192 с.
77. Химичев, П.М. Применение структурно-логических схем [Текст] / П. М. Химичев, З.М. Резников // Физика в школе. – 1999. – №4. – С. 63 – 65.
78. Чертов А. Г. Задачник по физике [текст] / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – М.: Высшая школа, 1988 – 527 с.
79. Чесноков, С.С. Хочу учиться на ВМК [Текст]/ С.С. Чесноков, В.А. Макаров С.Ю.Никитин, И.П. Николаев, Н.Б. Подымова, М.С. Полякова, В.И. Шмальгаузен // Методическая газета 1 сентября: Физика. 2008. – №3. С.37–38.
80. Шаскольская М.П. Сборник избранных задач по физике [Текст] / М.П. Шаскольская, И.А. Эльцын. – М.: Наука, 1986. – 208 с.
81. Энциклопедия «Кругосвет» [Электронный ресурс] / <http://www.krugosvet.ru>.
82. Элиот Л. Физика. [Текст] / Л. Элиот, У. Уилкоккс – М.: Наука, 1975. – 736 с.
83. Эсаулов А.Ф. Психология решения задач [Текст] / А.Ф. Эсаулов – М.: Высшая школа, 1972. – 216 с.
84. Юфанова И.А. Элементы управления мыслительной деятельностью учащихся при решении задач по физике в средней школе [Текст]: автореф. дис. к. пед. н. / И.А. Юфанова. – М., 1974. – 26 с.

Ответы и краткие решения

Глава 2. Актуализация знаний по элементарной математике и физике для решения задач

2.1. Математические основы элементарной физики. Физические величины, способы измерения физических величин

2.2. Изменяющиеся – переменными, не изменяющиеся – постоянными.

2.3. Когда увеличение (уменьшение) одной переменной в определенное число раз вызывает соответствующее увеличение (уменьшение) другой.

2.4. Обратная пропорциональность между двумя переменными величинами существует тогда, когда увеличение (уменьшение) одной переменной вызывает уменьшение (увеличение) другой.

2.6. 4 2.7. 2 2.8. 2. 2.9. 4 2.10. 3 2.11. 4 2.12. 2 2.13. 1 2.14. 1 2.15. 3 2.16. 4
2.24. 1 2.25. 3 2.40. Нет, т.к. емкость цистерны равна 2 м^3 , поэтому бензин выльется. 2.42. 3
2.43. 2 2.44. 1 2.45. 4 2.46. 2 2.47. 4 2.48. 4 2.49. 3 2.50. 4 2.51. 2 2.52. 4
2.53. 4 2.54. 2 2.55. 1 2.56. 2 2.57. 2 2.58. 2 2.59. 2 2.60. 1 2.61. 1 2.62. 3
2.63. 2 2.64. 4 2.65. 4 2.66. 3 2.67. 3 2.68. 1 2.69. 3 2.70. 1 2.71. 1 2.72. 2
2.73. 1 2.92. 1) 1, б; 2) 2, в; 3) 4, а; 4) 3, г 2.93. 1) 1, г; 2) 1, а; 3) 3, б; 4) 4, в 2.95. 1)
третий закон Ньютона; эхо; 2) условие плавания тел; 3) явление смачивания; 4) интерференция.

Глава 3. Задачи и задания по физике

3.1. Экспериментальные задачи

3.1.1. Экспериментальные задачи по механике, молекулярной физике и термодинамике

3.1. Если m_1 – масса пустой кастрюли, m_2 – масса кастрюли с водой, то $m_2 - m_1$ – масса воды в кастрюле. Разделив эту разность на плотность воды, найдем объем кастрюли.

3.2. На падающий коробок действуют две силы – притяжение к Земле и сопротивление воздуха. Первая определяется массой и для более полного коробка оказывается большей. В то же время вторая при равных скоростях одинакова для обоих коробков. Поэтому для более полного коробка равнодействующая этих сил будет, вообще говоря, больше. Следовательно, он будет иметь большее ускорение и, быстрее набирая скорость, раньше достигнет земли, т.к.:

$$a = \frac{P - F_{\text{сопр}}}{m} = \frac{mg - F_{\text{сопр}}}{m} = g - \frac{F_{\text{сопр}}}{m}.$$

Таким образом, следует одновременно уронить обе коробки с балкона. Та из них, которая раньше достигнет земной поверхности, содержит больше спичек. Убедительные результаты получатся, конечно, лишь в том случае, если разница в количестве спичек в коробках не особенно мала.

3.3. Достаточно прокатить смоченный водой мяч по полу, чтобы он сделал один оборот, и измерить длину l влажной дорожки. Диаметр d вычисляется затем по формуле $d = l / \pi$. Можно также обернуть мяч «по экватору» один раз ниткой, измерить ее длину и вычислить диаметр тем же способом.

3.5. Встав на крышу дома нужно выпустить банку из рук, одновременно запустив секундомер. Услышав звук удара банки о землю, следует остановить секундомер. Показания секундомера t складывается из времени падения банки t_1 и времени t_2 , за которое звук удара о земную поверхность дойдет до наблюдателя. Первое время связано с высотой дома h следующим образом:

$h = \frac{gt_1^2}{2}$, тогда как связь между h и t_2 имеет вид: $h = vt_2$, где $v = 340 \text{ м/с}$ – скорость звука.

Определяя из этих уравнений t_1 и t_2 и подставляя их в формулу для t , получим: $\sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{h}{v} = t$ от-

куда можно найти высоту дома. При приближенном вычислении (в особенности, если дом невысок) второе слагаемое слева можно считать малым и отбросить. Тогда $\sqrt{2h/g} = t$ и $h \approx gt^2 / 2$.

3.6. Штангенциркулем измеряем высоту h и диаметр d_1 сосуда, $v = \frac{\pi d_1^2}{4} h$. После этого определяем с помощью секундомера время t , за которое текущая вода заполняет банку. Тогда количество Q воды, вытекшей за единицу времени составит $Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot \frac{h}{t}$. С другой стороны, Q можно разить как произведение искомой скорости v истечения воды на площадь S поперечного сече-

ния крана $Q = Sv = \frac{\pi d_2^2}{4} v$, где d_2 – диаметр крана. Приравнявая правые части, получим:

$v = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \cdot \frac{h}{t}$. Поскольку d_2 также можно измерить штангенциркулем, задача в принципе решена.

- 3.11. 1) На доску, лежащую на столе, положите брусок. Приподнимайте постепенно один край доски до тех пор, пока брусок не начнет соскальзывать с нее. 2) Зафиксируйте крайнее положение доски, при котором брусок еще находится в состоянии покоя. 3) Измерьте высоту и длину основания наклонной плоскости. 4) Вычислите коэффициент трения дерева по дереву.
- 3.12. 1) Измерьте вес тела в воздухе. 2) Погрузите тело, закрепленное на динамометре, в сосуд с водой и измерьте вес тела в воде. 3) Вычислите архимедову силу, действующую на тело в жидкости. 4) Вычислите плотность тела.
- 3.13. 100 г; 40 см³.

- 3.23. Объем пасты определяется так: $V = Sl$, где l – длина той части стержня ручки, в которой находится паста, ее можно непосредственно измерить с помощью линейки, $S = \pi d^2$ – площадь поперечного сечения внутреннего канала стержня ручки, d – диаметр этого канала. Итак, искомый объем $V = \pi d^2 l$ (1). В эксперименте возникает проблема при измерении диаметра канала пишущего стержня d , поскольку точность непосредственного его измерения линейкой мала.

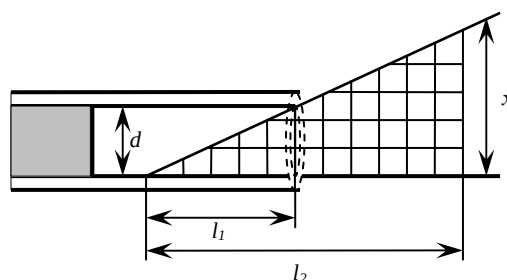


Рис. 1. К задаче 3.23

Поэтому можно поступить так: аккуратно тонкими линиями отчертите на миллиметровой бумаге узкий прямоугольный треугольник, а затем вырежьте его.

Полученный треугольник поместите в канал пишущего стержня, и, опираясь на подобие сторон в указанных на рисунке треугольниках, определить диаметр канала стержня (рис. 1). В итоге можно записать соотношение: $\frac{d}{x} = \frac{l_1}{l_2}$, откуда $d = \frac{l_1}{l_2} x$. Тогда окончательная расчетная

формула примет вид: $V = \pi \left(\frac{l_1}{l_2} x\right)^2 l$.

- 3.24. Объем цилиндра равен $V = hS$, (h – высота цилиндра, S – площадь основания цилиндра), длина окружности $l = 2\pi r$ (r – радиус окружности), площадь круга $S = \pi r^2$. Объем лазерного диска $V = (S_1 - S_2)h$ (1), где $S_1 = \pi R^2$ – площадь диска с отверстием, $S_2 = \pi r^2$ – площадь отверстия диска, h – толщина диска. Радиусы диска и отверстия измеряем, накладывая диск на миллиметровую бумагу. Для определения толщины ставим на ребро два плотно сложенных диска на миллиметровую бумагу. Аккуратно переставляя диски, определяем толщину H нескольких (N) дисков. Тогда $h = H / N$ (2). В итоге

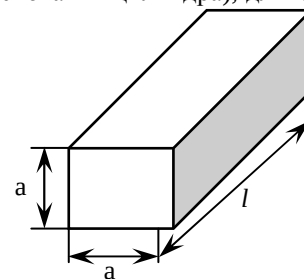


Рис. 2. К задаче 3.25

$V = \pi(R^2 - r^2) \frac{H}{N}$ (3) и $V = 13,6$ см³.

- 3.25. Масса спички $m = \rho V$, где $V = Sl = a^2 l$ (1) – объем спички, a – длина ребра ее торца, l – длина (рис. 2). Длину непосредственно измеряем линейкой. Длину ребра можно измерить точнее, если спичку «прокатить» вдоль линейки без скольжения N раз. Тогда $a = l / N$ (2)

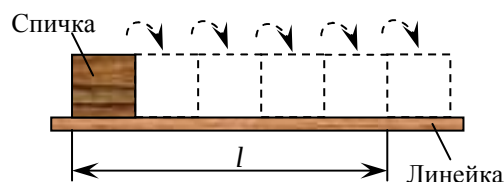


Рис. 3. К задаче 3.25

и, окончательно, $m = \rho L \left(\frac{1}{N} \right)^2$ (3) (рис. 3).

- 3.26. Объем одной скобы $V = abc$ (1), где a – длина скобы, b – ширина скобы, c – толщина скобы. Измерив длину полоски L и сосчитав количество N входящих в нее скоб, можно определить ширину одной скобы: $b = L / N$ (2) (рис. 4). Отломив и распрямив одну из скоб, определяем ее длину a . Для нахождения толщины c отделяем от полоски n скоб, выпрямляем их и укладываем на миллиметровую бумагу. Измерив толщину получившейся полоски ℓ , находим толщину одной скобы: $c = \ell / n$ (3). Итак, с учетом формул (1) – (3), получим: $V = a \frac{L}{N} \cdot \frac{\ell}{n}$.

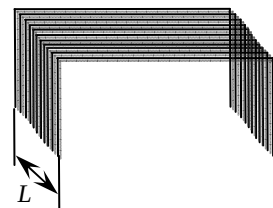


Рис. 4. К задаче 3.26

- 3.27. Толщину линейки можно измерить непосредственно, но это очень неточное измерение. Точнее получится, если ее определить через массу линейки, используя линейку в качестве рычага, ее длину и ширину (измеряются значительно точнее, чем толщина) (рис. 5). Запишем равенство моментов сил относительно точки опоры O : $m_L g x_L$ (1), где m_L – масса монет на краю линейки.

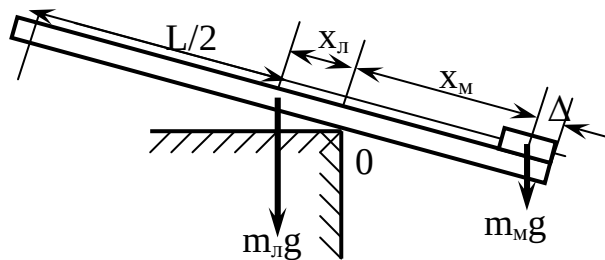


Рис. 5. К задаче 3.27

Отсюда $m_L = m_M \frac{x_M}{x_L}$ или

$$m_L = m_M \frac{x_M}{\frac{L}{2} - x_M - \Delta} \quad (2) \text{ где } \Delta - \text{ где радиус монеты.}$$

Масса линейки $m_L = \rho V = \rho Lab$ (3) (рис. 6). Отсюда, с использованием формулы (2), толщина линейки:

$$b = \frac{m_L}{\rho La} = \frac{2m_M x_M}{\rho La(L - 2x_M - 2\Delta)} \quad (4).$$

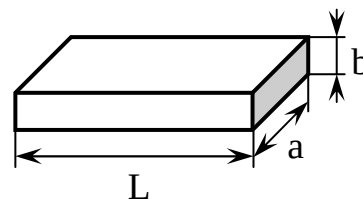


Рис. 6. К задаче 3.27

- 3.28. Для изучения зависимости $F_{тр}(S)$ брусок по очереди уста-

навливаем на исследуемую поверхность разными гранями и равномерно тянем за нить динамометром. Динамометр должен распространяться горизонтально, тогда его показания будут соответствовать значению силы трения скольжения. Зависимость имеет вид: $F_{тр}(S) = C$, где C – некоторая константа. При изучении зависимости $F_{тр}(P)$ последовательно измеряем силу тяги, необходимую для равномерного движения самого бруска с грузом при горизонтальном расположении нити. Затем измеряем значения силы тяги при расположении нити под углом к горизонту. При горизонтальном расположении нити значение силы тяги равно величине силы трения. Вес бруска можно определить с помощью динамометра. При тяге бруска под углом к горизонту сила трения равна $F \cos \alpha$. Вес бруска при этом уменьшается на величину $F \sin \alpha$, т.е. $P = F_T = F \sin \alpha$, где F_T – сила тяжести для одного бруска или бруска с грузом. Значения $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$ определяем из геометрических соображений, пользуясь линейкой.

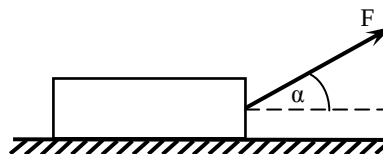


Рис. 7. К задаче 3.28

По результатам измерений строим график зависимости $F_{тр}(P) = kP$, где k – некоторая константа.

- 3.29. Используем метод отрыва капель. В момент отрыва капли модуль силы поверхностного натяжения F равен модулю силы тяжести mg , действующей на каплю массой m : $F = mg$, или

$\sigma \pi D = mg$, где D – внутренний диаметр сопла шприца. Отсюда $\sigma = \frac{mg}{\pi D}$. Для определения D вы-

режем из миллиметровой бумаги остроконечный прямоугольный треугольник и вставим его в сопло шприца. Отметим деление (например, т. A), до которого конус свободно входит в сопло. Из подобия треугольников OAB и OCF : $D = AB = OA \frac{CF}{OC}$. Массу одной капли найдем, выпуская из

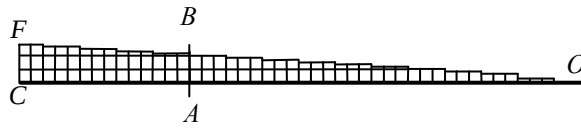


Рис. 8. К задаче 3.29

шприца жидкость по капельке. Для успеха эксперимента перед опытом из шприца удалим поршень. Воду в шприц набираем так: опускаем шприц в жидкость соплом вниз, ждем, когда баллончик заполнится, закрываем отверстие пальцем. Замечаем по шкале шприца начальный уровень жидкости и, слегка приоткрыв палец, выпускаем часть отдельными каплями со скоростью 1 – 2 капли в секунду. Массу одной капли $m = M/N$, где M – масса вытекающей из шприца воды, N – число капель. В итоге $\sigma = \frac{Mg \cdot OC}{\pi \cdot N \cdot OA \cdot CF}$.

- 3.30.** Опускаем трубку длиной L одним концом в воду и измеряем линейкой высоту столба воды h_1 в ней. Закрываем находящийся в воздухе конец трубки пальцем и достаем трубку из воды. (Немного воды из трубки вытекает). Измеряем высоту оставшегося в трубке столба воды h_2 . Поскольку вода из трубки не вытекает, можно заключить, что атмосферное давление у открытого конца трубки равно давлению столба воды и воздуха p в трубке под пальцем: $p_a = \rho g h_2 + p$

(1), где ρ – плотность воды. Давление воздуха p в трубке после вытекания части жидкости можно найти с использованием уравнения Клапейрона – Менделеева: $p_a S(L - h_1) = p S(L - h_2)$ или

$$p = p_a \frac{L - h_1}{L - h_2} \quad (2). \quad (2) \rightarrow (1): p_a = \frac{\rho g h_2 (L - h_2)}{h_1 - h_2}.$$

Эксперимент следует повторить несколько раз и представить ответ в виде: $p_a = p_{a \text{ ср}} \pm \Delta p_{a \text{ ср}}$.

- 3.31.** Если ввести следующие обозначения: l_1 – высота бутылки; l_2 – толщина слоя воды; h_1 и h_2 – вертикальные координаты центров масс бутылки C_1 и C_2 соответственно, h – координата центра масс C – системы, состоящей из бутылки и налитой в нее воды, m_1 и m_2 – масса бутылки и во-

ды соответственно, то можно получить: $h = \frac{m_1 \frac{l_1}{2} + m_2 \frac{m_2}{2\rho S}}{m_1 + m_2} = \frac{\rho S m_1 + m_2^2}{2\rho S(m_1 + m_2)}$. Находя значение

массы $m_2 = x$, при которой высота h минимальна ($\frac{dh}{dx} = 0$), находим, что $h = l_2$. Т.е., центр масс

лежит на поверхности воды в бутылке. Данная, поставленная задача может быть решена и экспериментально. Для этого на доску с шероховатой поверхностью поставим бутылку с водой и угломер. Будем наклонять доску и измерим угол α , при котором бутылка начинает падать. Нальем в бутылку новый объем воды и вновь измерим угол неустойчивости α . Объем воды, соответствующий максимальному значению угла α_m и будет искомым. Интересным оказывается то, что бутылка наиболее устойчива, когда центр масс C лежит на поверхности воды. Совпадение центра масс с поверхностью воды наблюдается лишь тогда, когда в бутылке имеется именно тот объем воды, который определяется формулой: $m_2 = x_1 = \sqrt{m_1^2 + \rho S l_1 m_1} - m_1$ (получается в ходе теоретических расчетов; при подстановке измеренных величин $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; $l_1 = 0,3 \text{ м}$; $S = 0,0113 \text{ м}^2$, получаем $m_2 = 0,364 \text{ кг}$, следовательно, оптимальный объем воды 364 мл). Это также можно подтвердить экспериментально.

3.1.2. Экспериментальные задачи по разделу электричество и магнетизм

- 3.35. 3)** $C_A = \frac{I_H}{N} = \frac{2,5 \text{ А}}{25 \text{ дел.}} = 0,1 \frac{\text{А}}{\text{дел.}}$, $C_V = \frac{U_H}{N} = \frac{6 \text{ В}}{30 \text{ дел.}} = 0,2 \frac{\text{В}}{\text{дел.}}$, где I_H – номинальный ток амперметра (верх-

ний предел измерения амперметра по току), N – число делений всей шкалы, U_H – номинальное напряжение вольтметра.

$$4) R_{\text{хол}} = \frac{U}{I} = \frac{3,6 \text{ В}}{1,9 \text{ А}} = 1,89 \text{ Ом}, R_{\text{гор}} = \frac{U_{\text{н}}^2}{P_{\text{н}}} = \frac{(110 \text{ В})^2}{600 \text{ Вт}} = 20,2 \text{ Ом}.$$

$$6) \text{ Сначала нужно найти сопротивление } R_0 \text{ нити лампы при } t = 0^\circ\text{C}: R_0 = \frac{R_{\text{хол}}}{1 + \alpha t} = \frac{1,89 \text{ Ом}}{1 + \frac{20}{273}} = 1,76 \text{ Ом}.$$

$$\text{Температуру горячей лампы находим из выражения: } t = \frac{R_{\text{гор}} - R_0}{R_0 \alpha} = \frac{20,2 \text{ Ом} - 1,76 \text{ Ом}}{1,76 \text{ Ом} \cdot \frac{1}{273}} = 2860^\circ$$

$$3.36. 4) C_A = \frac{I_{\text{н}}}{N} = \frac{1 \text{ А}}{20 \text{ дел.}} = 0,05 \frac{\text{А}}{\text{дел.}}, C_V = \frac{U_{\text{н}}}{N} = \frac{3 \text{ В}}{30 \text{ дел.}} = 0,1 \frac{\text{В}}{\text{дел.}}. 5) R = \frac{U}{I} = \frac{20,8 \text{ В}}{0,55 \text{ А}} = 37,8 \text{ Ом}. 6) \text{ С помощью}$$

штангенциркуля находим диаметр провода ($d = 1,2 \text{ мм}$), а затем его сечение S :

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ мм}^2 = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2, \text{ длину провода находим из формулы: } R = \rho \frac{l}{S}, \text{ откуда}$$

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{37,8 \text{ Ом} \cdot 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{4,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}} = 101,7 \text{ м}.$$

3.37. 1) Определяем количество теплоты, затраченное на нагревание и испарение воды:

$$Q_1 = Cm(t_2 - t_1) = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,17 \text{ кг} \cdot 80^\circ\text{C} = 57,12 \cdot 10^3 \text{ Дж}; Q_2 = mL = 0,17 \text{ кг} \cdot 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} = 391 \cdot 10^3 \text{ Дж};$$

$$Q_{\text{н}} = Q_1 + Q_2 = 57,12 \cdot 10^3 \text{ Дж} + 391 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 448,12 \cdot 10^3 \text{ Дж}; Q_3 = \frac{Q_{\text{н}}}{\eta} = \frac{448,12 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{0,5} = 896,24 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

$$2) \text{ Из выражения } Q_3 = Pt \text{ найдем } t: t = \frac{Q_3}{P} = \frac{896,24 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{500 \text{ Вт}} = 1,79 \cdot 10^3 \text{ с} = 0,5 \text{ ч}.$$

3) Реостат нужен для уменьшения напряжения на плитке.

4) Если напряжение на плитке равно ее номинальному напряжению, то сила тока будет равна 5 А. При напряжении 110 В сопротивление реостата равно 22 Ом. Поэтому следует взять реостат с параметрами 30 Ом и 5 А. Путем перемещения ползунка можно его сопротивление довести до 22 Ом. Эта операция контролируется вольтметром.

$$3.38. 1) I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3,7}{30} = 0,123 \text{ А} \text{ ток в первой цепи, } I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{2,5}{30} = 0,083 \text{ А} \text{ — ток во второй цепи.}$$

$$U_3 = I_2 R_3 = 0,083 \cdot 16 = 1,33 \text{ В падение напряжения на сопротивлении,}$$

$$\varepsilon = U_1 + I_1 r, \varepsilon = U_2 + U_3 + I_2 r, U_1 + I_1 r = U_2 + U_3 + I_2 r,$$

$$\text{отсюда } r = \frac{U_2 + U_3 - U_1}{I_1 - I_2} = \frac{2,5 + 1,33 - 3,7}{0,123 - 0,083} = 3,25 \text{ Ом}, \varepsilon = 4,1 \text{ В}$$

$$4) P = I_1^2 R_1 + I_1^2 r + I_2^2 R_3 = 0,083^2 \cdot 30 + 0,083^2 \cdot 3,25 + 0,083^2 \cdot 16 = 0,339 \text{ Вт}.$$

$$5) \eta_1 = \frac{U_1 I_1}{P_1} = \frac{U_1 I_1}{\varepsilon I_1} = \frac{3,7 \text{ В}}{4,1 \text{ В}} = 0,9; \eta_2 = \frac{U_2 I_2 + U_3 I_2}{P_2} = \frac{U_2 I_2 + U_3 I_2}{\varepsilon I_2} = \frac{2,5 + 1,33}{4,1} = 0,93$$

$$3.39. 3) R = \frac{U}{I} = \frac{125 \text{ В}}{3,4 \text{ А}} = 36,8 \text{ Ом}.$$

$$4. P = I^2 R = (3,4 \text{ А})^2 \cdot 36,8 \text{ Ом} = 425,4 \text{ Вт}, 5)$$

$$I_{\text{м}} = \sqrt{2} I = 1,41 \cdot 3,4 \text{ А} = 4,8 \text{ А};$$

$$U_{\text{м}} = \sqrt{2} U = 1,41 \cdot 125 \text{ В} = 176,2 \text{ В}; 6)$$

$$u = U_{\text{м}} \sin \omega t = 176,2 \sin 314 t; i = I_{\text{м}} \sin \omega t = 4,8 \sin 314 t.$$

$$3.40. 1) I_1 R_1 + I_1 R_0 = I_2 R_2 + I_2 R_0, \text{ откуда:}$$

$$R_0 = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1} = \frac{2 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} - 1 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом}}{1 \text{ А} - 2 \text{ А}} = 1 \text{ Ом}.$$

$$\varepsilon = I_1 R_1 + I_1 R_0 = 2 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} + 2 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} = 4 \text{ В}.$$

$$2. U_1 = I_1 R_1 = 2 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} = 2 \text{ В}; U_2 = I_2 R_2 = 1 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом} = 3 \text{ В}.$$

$$4. P_1 = I_1^2 R_1 + I_1^2 R_0 = (2 \text{ А})^2 \cdot 1 \text{ Ом} + (2 \text{ А})^2 \cdot 1 \text{ Ом} = 8 \text{ Вт}.$$

$$5. \eta_1 = \frac{U_1 I_1}{P_1} = \frac{U_1 I_1}{\varepsilon I_1} = \frac{2 \text{ В}}{4 \text{ В}} = 0,5; \eta_2 = \frac{U_2 I_2}{P_2} = \frac{U_2 I_2}{\varepsilon I_2} = \frac{3 \text{ В}}{4 \text{ В}} = 0,75.$$

3.41. Для решения задачи на основе наблюдений необходимо выполнить рисунок 9. Сначала изобразить виток катушки и указать направление тока (по полярности подключения источника к

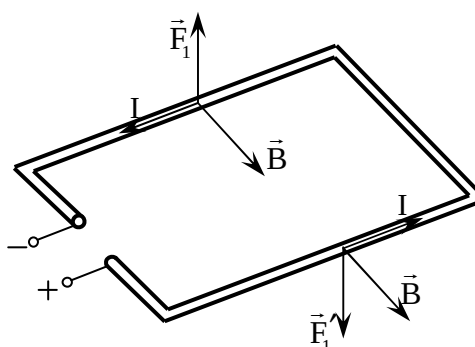


Рис. 9. К задаче 3.41

вольтметру). Затем отметить направление векторов сил Ампера $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_1'$ (по направлению поворота катушки с током в магнитном поле). Наконец, используя правило левой руки, найти направление линий индукции $\vec{B}$ поля внутреннего магнита. Силовые линии магнитного поля выходят из северного полюса и входят в южный.

3.1.3. Экспериментальные задачи по оптике, элементам квантовой, атомной и ядерной физике

3.42. 1) Чертеж хода лучей

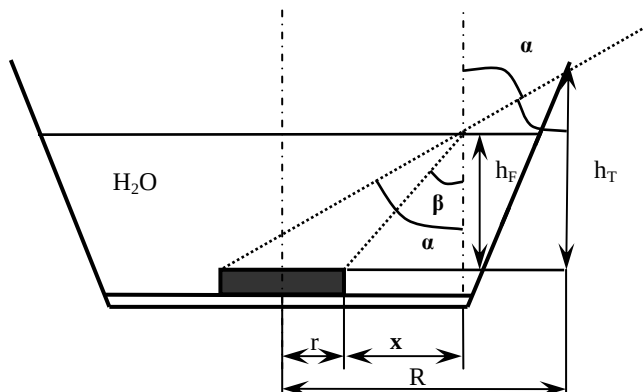


Рис. 10. К задаче 3.42

$$2) \text{ Вывод рабочей формулы: } n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{R+r}{h_T} \Rightarrow \alpha = \arctg \frac{R+r}{h_T}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{x}{h_F} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{x+2r}{h_F} \Rightarrow x = h_F \operatorname{tg} \alpha - 2r; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{h_F \operatorname{tg} \alpha - 2r}{h_F} \Rightarrow \beta = \arctg \frac{h_F \operatorname{tg} \alpha - 2r}{h_F}$$

$$n = \left[\sin \left(\arctg \frac{R+r}{h_T} \right) \right] / \left[\sin \left(\arctg \frac{h_F \frac{R+r}{h_T} - 2r}{h_F} \right) \right]$$

3) Измерение h_T , r , R и h_F .

4) Подстановка измеренных значений в рабочую формулу (n примерно равно 1,33).

3.2. Механика.

3.2.1. Кинематика.

Качественные и графические задачи

3.53. $S_1 = R$; $|\Delta \vec{r}_1| = 2R$; $S_2 = 1,5\pi R$; $|\Delta \vec{r}_2| = R\sqrt{2}$. 3.54. $S = h \left(\frac{1}{\sin \alpha} + \frac{1}{\cos \beta} \right) = 31 \text{ м}$; $|\Delta \vec{r}| = h \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \right) = 23,5 \text{ м}$.

3.55. 4 м; 2 м. 3.57. Телом отсчета является карусель. 3.58. 218 км; 0. 3.59. 2,8 км; 30° к направлению на север. 3.62. Одинаковые. 3.63. Назад. 3.69. $v_y = 30 - 10t$; 10 м/с ; 0; -10 м/с .

3.71. Может, если будет двигаться по направлению ветра со скоростью 108 км/ч. 3.72. а) 14 м/с; б) 6 м/с. 3.77. 900 об/мин. 3.82. Равномерное прямолинейное движение вдоль оси ОХ со скоростью $v = b$. 3.83. Равноускоренное прямолинейное движение вдоль оси ОУ с ускорением $a = 2 \text{ с}$. Зависимость скорости от времени $v = b + 2ct$. 3.84. Не является. Не является.

Тестовые задания

3.88.	2
3.89.	3
3.90.	4
3.91.	4
3.92.	2
3.93.	2
3.94.	2
3.95.	1
3.96.	2

3.97.	4
3.98.	4
3.99.	1
3.100.	3
3.101.	4
3.102.	1
3.103.	1
3.104.	2
3.105.	3
3.106.	4
3.107.	4

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.108. 1 мин 10 с. 3.109. $x = 500 + 400t$, $y = 680t$, $y = 1,7x - 850$ 3.110. 12,3 км/ч; 3 км/ч.
 3.111. $v_{cp} = \frac{3v_1v_2}{2v_1 + v_2}$. 3.112. Ускорение при разгоне в 1,24 раза меньше, а время в 1,46 раза больше.
 3.113. 715 м/с. 3.114. 54 м. 3.115. 13 м/с. 3.116. 2 м/с; 8 м/с. 3.117. 105 м. 3.118. 1. ускоренное; 2. замедленное, через 1 с ускоренное; 3. замедленное, через 1 с ускоренное; 4. ускоренное.
 3.119. 2,6 м/с. 3.120. а) 10 с; 40 м; б) 45 м; в) 120 м. 3.123. 51 с. 3.124. $t = 1,35 \frac{L_1}{v_1}$. 3.125. 42,5 с.

3.126. Ускорение камня относительно Земли равно g , а относительно вагона $\sqrt{a^2 + g^2}$. 3.127. 0,4 с.

3.128. В 20 раз быстрее. 3.129. $t = \frac{l}{v+u} = 2$ с 3.130. 3 с; 60 м. 3.131. 15,3 м; 1,02 с. 3.132. 19,6 м/с;

19,6 м. 3.133. $h = \frac{2v_x}{g}$ 3.134. 60° . 3.135. $v_y = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$. Не зависит. 3.136. 0,75 с.

3.137. $R_1 = \frac{v_0^2 \cos \alpha}{g} = 2,5$ м; $R_2 = \frac{v_0^2}{g \cdot \cos \alpha} = 20$ м. 3.138. $t = \frac{1}{g}(\sqrt{(v \sin \alpha)^2 + 2gH}) - v \sin \alpha$; $S = vt \cos \alpha$

3.140. 45000. 3.141. 1800. 3.142. 111 км. 3.143. Частота вращения передних колес в 2 раза больше.

3.144. 1:20. 3.145. 20 м/с. 3.146. 1 км/с². 3.147. 231 м/с. 3.148. 10 с⁻¹. 3.149. 1,8 с. 3.150. 1,17 м/с.

3.151. $\Delta S / \Delta t = \sqrt{3}$. 3.152. 19,6 м/с; 13,9 м/с; 9,8 м/с. 3.153. 3,81 с; 70,8 м.

Уровень В

3.154. 7,2 м/с. 3.155. 62° ; 17 м/с. 3.156. $v_1 = \frac{v_0 H}{\sqrt{H^2 + l^2}}$

3.157. При свободном падении за время t тело А пройдет по вертикали путь $S_1 = gt^2/2$. За это же время клин должен сместиться на расстояние $S_1 = g \cdot t^2/2$. Если тело все время соприкасается с клином, то, как видно из рисунка $\frac{S_2}{S_1} = ctg \alpha$. Следовательно:

$a = gctg \alpha$. Если ускорение клина в горизонтальном направлении будет больше $g \cdot ctg \alpha$, то тело оторвется от клина.

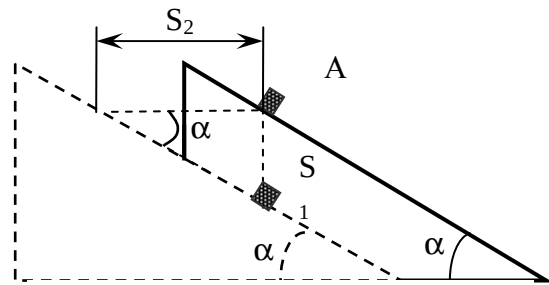


Рис. 11. К задаче 3.156

3.158. 5 м/с; 6 м/с². 3.159. $\alpha = \arccotg \left(\frac{g + 4a}{4g} \right)$

3.160. $l = \frac{2v_0^2}{3g}$ 3.161. 0,3 м/с². 3.162. 3,18 рад/с². 3.163. -0,21 рад/с²; 240 оборотов. 3.164. 0,3 м/с².

3.165. $a_x = \frac{v_1^2}{2S_1} = 0,5$ м/с²; $a_y = \frac{a_x^2 t^2}{R} = 0,625$ м/с²; $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 0,8$ м/с².

3.2.2. Динамика

Качественные и графические задачи

- 3.166.** Чтобы разбить орех, надо приложить к его скорлупе две равные и противоположно направленные силы, сжимающие ее настолько, что она разрушается. Одну из сил создает ударяющее тело (молоток, камень и т. п.); другая возникает при взаимодействии ореха с опорой. Если опора твердая и неподвижная, условия, необходимые для раскалывания скорлупы, соблюдаются. В случае мягкой опоры сила реакции в основном идет на изменение скорости ореха - под действием силы удара он приобретает скорость, а затем, углубляясь в опору, теряет ее. Скорлупа же почти не изменяет своей формы и поэтому не разрушается.
- 3.167.** Чем больше в лодке людей, тем больше ее масса и тем меньше изменится ее скорость во время прыжка лодочника.
- 3.168.** Наибольшую – свинцовый кубик, наименьшую – железный.
- 3.169.** Тот, в котором мелкая дробь.
- 3.170.** Вследствие инертности капель воды.
- 3.171.** Вследствие инертности монеты и недостаточного взаимодействия монеты и открытки.
- 3.172.** Вследствие инертности кирпич за время удара не успеет значительно изменить свою скорость, и не будет дополнительно давить на держащую его руку. Поэтому она не будет ощущать боли.
- 3.173.** Свободный ход (движение машины при неработающем двигателе) основан на использовании свойства инертности машины и тел, движущихся вместе с ней.
- 3.174.** Перегрузка человека в ракете зависит от ускорения, а не от скорости, то есть существует лишь в моменты подъема и спуска ракеты и при изменении направления полета.
- 3.175.** Для изменения направления движения надо приложить некоторую силу. Взаимодействие руки человека со столбом или деревом и создает эту силу.
- 3.176.** Когда рулевой наклоняется вперед, лодка отталкивается назад. Но гребцы, упираясь веслами в воду, препятствуют этому. При отклонении рулевого назад лодка продвигается вперед – ей ничто не препятствует, т. к. в это время весла гребцов находятся в воздухе.
- 3.178.** Груз на спине изменяет положение центра тяжести, и человек находится в неустойчивом положении, поэтому он наклоняется вперед, чтобы вертикаль, проходящая через центр тяжести, прошла через площадь опоры.
- 3.179.** В случае перемещения общего центра тяжести в нежелательном направлении человек может в известных пределах сместить его в противоположную сторону.
- 3.180.** Когда человек сидит, его центр тяжести расположен ниже, чем когда он стоит. Как известно, более устойчивое положение в том случае, когда центр тяжести тела занимает более низкое положение.
- 3.181.** Центр тяжести дерева несколько выше летом, когда на деревьях много листьев. Поэтому летом лиственные деревья находятся в менее устойчивом положении, чем поздней осенью или зимой, и ветры часто ломают их или выворачивают с корнями.
- 3.182.** Положение центра тяжести в теле человека меняется в зависимости от положения туловища и конечностей. Если человек наклоняется, то его центр тяжести может находиться вне тела.
- 3.183.** а) Притяжение к Земле и выталкивающее действие воды; б) притяжение к Земле компенсируется упругостью грунта и выталкивающим действием воды.
- 3.184.** Притяжение к Земле компенсируется выталкивающим действием воздуха и его сопротивлением.
- 3.185.** Камень и Земля, камень и воздух. Спутник и Земля, спутник и разреженный воздух. Автомобиль и воздух, колеса автомобиля и полотно дороги. Парус и воздух, корпус лодки и вода.
- 3.186.** б), д).
- 3.187.** Будет в случаях а), г), д).
- 3.188.** а) поезд начал уменьшать скорость; б) увеличивать ее; в) сделал поворот.
- 3.189.** а) равномерно; б) замедленно; в) ускоренно; г) поворачивает.
- 3.190.** Сила F , приложенная к шару, определяет по второму закону Ньютона величину и направление ускорения шара, но не определяет скорости. Поэтому о направлении движения шара ничего сказать нельзя; под действием силы F шар может двигаться в любом направлении, а также иметь скорость, равную нулю.
- 3.194.** а) Равномерно, прямолинейно; б) прямолинейно ускоренно; в) и г) криволинейно.
- 3.195.** Когда сумма сил тяжести и силы сопротивления станет равной по модулю выталкивающей силе.
- 3.196.** Может, если углы между соседними силами будут равны по 120° .

- 3.197. В случае а) равномерного движения бензовоза скорость жидкости постоянна и ее уровень не изменяется. В случае б) бензовоз трогается с места, а жидкость, сохраняя скорость, равную нулю, набегает на заднюю стенку цистерны. В случае в) машина замедляет движение, поэтому жидкость по инерции набегает на переднюю стенку.
- 3.199. а) Рычажные весы дадут одинаковые показания, хотя вес тела изменится (в такой же мере изменится и вес гири); б) вес тела определяется силой тяжести, которая зависит от массы тела и расстояния до центра Земли. Так как вес тел A и B одинаков, а тело B более удалено от центра Земли, то масса тела B больше массы тела A .
- 3.200. Нулю.
- 3.201. Когда прижимают мел к доске, создают большую силу трения, которая и отрывает частички мела, - возникает след на доске.
3. 202. Сила тяги двигателя автомобиля и сумма сил сопротивления воздуха и трения подвижных частей машины.
3. 204. Роса увеличивает массу стебля. Поэтому при ударе косой он в меньшей степени изгибается, и коса сразу срезает его.
3. 205. В кузов автомашины. Это увеличит силу давления на задние (ведущие) колеса машины, а значит, увеличит сцепление с полотном дороги. Если поместить груз на прицеп, возможна пробуксовка машины на мокрой скользкой дороге и на подъеме.
3. 206. На коньках – трение скольжения, на роликах – трение качения и небольшое скольжение.
3. 207. Во время приседания показания весов уменьшатся, при вставании – увеличатся.
3. 208. В первом случае на борт и дно лодки действуют равные по модулю и противоположные по направлению силы. Во втором – только одна сила, так как вторая приложена к берегу.
3. 209. Не нарушиться в обоих случаях. 3. 210. Одинаковые. 3.211. На Луне нет атмосферы.
- 3.212. Неодинаково; на Луне пружина растягивается в браз короче, чем на Земле. На борту искусственного спутника пружина не растягивается.
- 3.213. Не измениться.
- 3.216. Легче тянуть тачку за собой, так как в этом случае меньше сила трения.
- 3.217. $a_1 = g$; $a = g/2$.
- 3.221. Во всех случаях сила трения покоя измеряется произведением массы контейнера на ускорение автомобиля в системе отсчета «Земля». а) Равна нулю; б) по направлению скорости; в) равна нулю; г) по радиусу к центру дуги поворота; д) в сторону, противоположную скорости.
- 3.222. Обемм предметам сообщает ускорение относительно земли сила трения покоя. Если $F_{\text{тр.пред}} > m a$, то предмет получит ускорение, равное ускорению поезда, т.е. останется в покое относительно вагона.
- 3.225. 4 Н; 0; -2 Н. 3.226. 2,5 кН; 0,5 кН. 3.227. 4 Н/м. 3.228. Жесткость стальной в 2 раза больше.
- 3.230. $\frac{F_{\text{тр}}}{F_m} = \frac{\mu mg}{mg} \Rightarrow \mu = \frac{2 \cdot 16}{16 \cdot 7} = \frac{2}{7}$.

Тестовые задания

3.232.	4
3.233.	4
3.234.	2
3.235.	2
3.236.	3
3.237.	3
3.238.	2
3.239.	2
3.240.	5
3.241.	4
3.242.	2
3.243.	3
3.244.	4
3.245.	3
3.246.	1
3.247.	1
3.248.	1
3.249.	3

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.250. 400 Н. 3.251. 0,08 м/с². 3.252. 100 Н. 3.253. На расстоянии 9 земных радиусов.
 3.254. В точке, отстоящей на 6 земных радиусов. 3.255. $3,27 \cdot 10^{23}$ кг. 3.256. 8,8 м/с². 3.257. 4,4 м/с².
 3.258. А) 1010 Н; б) 940 Н; в) 980 Н; г) 0. 3.259. 5,2 м/с²; -2,3 м/с². 3.260. 5. 3.261. 600 Н; 300 Н.
 3.262. 2 кН. 3.263. 11,76 м/с. 3.264. $6,85 \frac{v^2}{\text{м/с}^2}$. 3.265. 7,8 Н. 3.266. 50 Н. 3.267. 0,8 м/с²; 40 м.
 3.268. 2,35 кН. 3.269. $\mu = \tan \alpha - \frac{v^2}{2lg \cos \alpha} = 0,047$. 3.270. 7,9 м/с. 3.271. 71°. 3.272. 19,8 м/с;
 27°. 3.273. $4,5 \cdot 10^4$ Н. 3.274. 140 м/с.

Уровень В

3.275. 2 Н. 3.276. -0,123 Н. 3.277. 800 кг. 3.279. 1) $x = mg(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2})$, $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$;
 2) $x = \frac{mg}{k_1 + k_2}$, $k = k_1 + k_2$. 3.280. $T = m\sqrt{g^2 + a^2} = 2,77$ Н; $\varphi = \arctg \frac{a}{g} = 45^\circ$. 3.281. 0,33. 3.282. 0,2.
 3.283. $a = \frac{g}{4}(1 - \mu) = 2$ м/с; $F_{н1} = \frac{mg}{4}(5 - \mu) = 12$ Н; $F_{н2} = \frac{mg}{2}(3 + \mu) = 16$ Н.
 3.284. $a = \frac{g(m_2 \sin \beta m_1 \sin \alpha)}{m_1 + m_2}$; $F_{н} = m_1(a + g \sin \alpha)$.

Таблица ответов к задаче 3.284

№	1	2	3	4	5	6	7	8
a, м/с ²	0,64	-0,64	4,05	-1,71	2,95	3,01	0	0
F _н , Н	0,82	0,82	1,09	2,19	1,3	0,81	1,39	1,86

3.285. 2,6 м/с²; 4,6 м/с². 3.286. 10,5 кг; 19,5 кг. 3.287. 2,2 м/с. 3.288. 3,8 м/с; 1,4 с. 3.289. 3,6 Н.
 3.290. $98,3 \cdot 10^{36}$ кг·м²; $7 \cdot 10^{33}$ кг·м²/с. 3.291. 7,36 кг. 3.292. 2,35 рад/с². 3.293. 4 Н. 3.294. 99,85 Н·м.
 3.295. $A = \frac{I\omega^2}{2}$, $I = \frac{m\ell^2}{3}$, $A = \frac{m\ell^2 t^2 (At + B)^2}{6} = 621$ Дж. $M = I\varepsilon$, $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2At + B$,
 $M = \frac{m\ell^2 (2At + B)}{3} = 6,76$ Н·м. 3.296. $6 \cdot 10^{-3}$ кг·м².

3.2.3. Работа и мощность. Законы сохранения в механике

Качественные и графические задачи

3.297. Работа, совершаемая комаром, когда он жалит человека, очень мала, она составляет примерно 10^{-7} Дж.
 3.298. Взмах руками сообщает телу дополнительную скорость, увеличивая тем самым общую скорость спортсмена.
 3.299. При наличии пассажиров вес вагона больше, увеличивается сила трения, равная в данном случае силе тяги, возрастает мощность, увеличивается расход электроэнергии.
 3.300. На наименьшей, так как $N = Fv$.
 3.302. Двигаясь по ровной дороге, мы затрачиваем мускульную силу в основном на преодоление трения и сопротивления воздуха. На подъеме же приходится преодолевать не только эти силы, но и часть собственного веса.
 3.303. Для того, чтобы прогнать за единицу времени вдвое большее количество воды, нужно сообщить вдвое большей массе воды вдвое большую скорость. Работа мотора идет на сообщение воде кинетической энергии $\frac{mv^2}{2}$. Поэтому мощность мотора должна быть увеличена в восемь раз.
 3.304. В прыжке «перекатом» спортсмен не так высоко поднимает свое тело над планкой, как в прыжке «прямо», поэтому совершает меньшую работу.
 3.305. Нет, у свинца энергия больше.
 3.306. При одинаковых скоростях тело, имеющее большую массу, обладает и большей кинетической энергией.
 3.307. Да, для изменения кинетической энергии тела.

- 3.308.** При разгоне мощность двигателя расходуется не только на преодоление силы трения и сопротивление воздуха, но и на приобретение автомобилем кинетической энергии.
- 3.309.** Скорость выходящей из турбины воды становится меньше, т.к. гидротурбина совершает работу за счет убывания кинетической энергии потока воды.
- 3.310.** Изменение количества движения тела равно импульсу силы тяжести. Так как силы, действующие на камень и Землю, равны и действуют одинаковое время, то равны и изменения количества движения этих тел. Изменение кинетической энергии тела равно работе сил тяготения. Силы равны, но пути, пройденные камнем и Землей, обратно пропорциональны их массам. Именно поэтому закон сохранения энергии можно записать в форме, не учитывающей изменения кинетической энергии Земли: $\frac{mv^2}{2} + W = \text{const}$, где m – масса камня, а W – потенциальная энергия взаимодействия.
- 3.311.** В высшей точке подъема скорость ракеты равна нулю. Изменение общего количества движения частей ракеты под действием внешних сил (силы тяжести) крайне незначительно, так как импульс этих сил весьма мал ввиду кратковременности взрыва. Поэтому общее количество движения частей ракеты до и сразу после взрыва остается постоянным и равным нулю. Между тем три вектора (m_1v_1, m_2v_2, m_3v_3) могут в сумме дать нуль только тогда, когда они лежат в одной плоскости. Отсюда следует, что векторы v_1, v_2, v_3 лежат в одной плоскости.
- 3.312.** Пусть масса человека m , масса лодки M . Если человек двигался относительно лодки со скоростью v , то лодка двигалась относительно берега со скоростью $-u$ и следовательно, человек относительно берега двигался со скоростью $v_1 = v - u$. По закону сохранения количества движения $m(v - u) - Mu = 0$. Отсюда: $u = \frac{m}{m + M}v$. Скорость человека относительно берега: $v_1 = \frac{M}{m + M} \cdot v$. Так как знак v_1 совпадает со знаком v , то при любом соотношении масс m и M человека и лодки расстояние между человеком и берегом увеличится.
- 3.314.** К энергии, которую сообщает телу гимнаста работа мышц, прибавляется энергия, которую сообщает ему деформированная доска.
- 3.316.** Если машина делает разгон, то к механической энергии, вырабатываемой двигателем в данное время, прибавляется ранее приобретенная кинетическая энергия самого автомобиля.
- 3.317.** 32 Дж; характеризует жесткость пружины; потенциальную энергию.
- 3.318.** 148 Дж; 926 Дж; 1104 Дж.
- 3.319.** 6 МДж; 3 МДж.
- 3.320.** а) $\frac{v_A}{v_B} = \frac{S_A}{S_B} = 0,52$; б) $m_A v_A = m_B v_B \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{v_B}{v_A} = \frac{1}{0,52} = 1,9$; в) импульсы равны и противоположны; г) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \frac{a_A}{a_B} = \frac{\Delta v_A/t}{\Delta v_B/t} = \frac{\Delta v_A}{\Delta v_B} = -0,52$, т.к. изменение скоростей происходит в противоположных направлениях. **3.321.** а) $E(t)$; б) $g(t)$; в) $p(t)$; г) $E_n(t)$; х) $E(t)$; е) $E_k(t)$.

Тестовые задания

3.323.	2
3.324.	2
3.325.	4
3.326.	4
3.327.	2
3.328.	3
3.329.	2

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.330.** $A_1 = -0,5 \text{ мДж}$; $A_2 = 0,5 \text{ мДж}$; $A_3 = A_1 + A_2 = 0$. **3.331.** 0,2 МДж. **3.332.** 2,6 МДж. **3.333.** 980 Дж. **3.334.** 2 Дж. **3.335.** 0,7 Дж. **3.336.** 9,8 кВт. **3.337.** 13 кг. **3.338.** 6,86 кВт; 11,66 кВт; 1,95 кВт. **3.339.** 143 МВт. **3.340.** 12 кДж; 66%. **3.341.** 40%. **3.342.** Свинцового больше в 1,5 раза. **3.343.** 16 кг·м/с; 48 кг·м/с; 16 Н. **3.344.** -400 кДж; -400 кДж. **3.345.** $E_k = E_{\pi} = 98 \text{ Дж}$. **3.346.** 196 Дж; 294 Дж. **3.347.** -60 Дж. **3.348.** 2296 м. **3.349.** $E_k = 0,02 \text{ Дж}$; $E_{\pi} = 49,48 \text{ Дж}$. **3.350.** $E_k = 40 \text{ Дж}$;

$E_n = 32,5 \text{ Дж.}$ 3.351. $v_{\min} = \sqrt{5gl}$ 3.352. 3,14 м/с. 3.354. 2 м/с. 3.355. 0,075 Дж. 3.356. 3 м/с. 3.357.
 $h = \frac{m(gH + 0,5v^2)}{g(\rho V - m)}$. 3.358. 1,3 м/с. 3.359. $v = \sqrt{2gh} = 417,2 \text{ м/с}$

Уровень В

3.360. $N_n = N_0 \eta$; $A_n = \eta N_0 t$; $P = \frac{A_n}{h} = \frac{\eta N_0 t}{h}$; $m = \frac{P}{g} = 367 \text{ тонн.}$ 3.361. $29,4 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$ 3.362. 45 кДж.

3.363. 1 кДж. 3.364. 14 кг·м/с; 20 кг·м/с; 0. 3.365. $v_3 = \frac{\sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2}}{m_3}$ 3.366. Отделившаяся часть

ракеты летит в том же направлении, что и головная, со скоростью 160 м/с. 3.367. -12 км/ч; 6 км/ч; 30 км/ч. 3.368. 0,3 м. 3.369. На 0,02 м/с. 3.370. $v'_2 = v'_1 = 7,1 \text{ м/с}$ 3.371. На 6mg.

3.372. $S = l \left(\frac{m_1}{M + 2m_1 + m_2} - \frac{m_2}{M + 2m_2 + m_1} \right)$. 3.373. $E_{\text{пол}} = 22,5 \text{ Дж}$; $E_{\text{к1}} = 6,64 \text{ Дж}$; $E_{\text{п1}} = 15,86 \text{ Дж}$;

$E_{\text{к2}} = 5,625 \text{ Дж}$; $E_{\text{п2}} = 16,875 \text{ Дж.}$ 3.374. $v_1 = -\sqrt{\frac{2m_2 E}{m_1(m_1 + m_2)}}$; $v_2 = \sqrt{\frac{2m_1 E}{m_2(m_1 + m_2)}}$. 3.375. $H = 2,5R$.

3.376. $A = -0,2mgl$. 3.377. 3 Н. 3.378. $h = (2/3) R$. 3.379. $x = \frac{mg}{k} + \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{2mgh}{k}} = 0,216 \text{ м.}$

3.380. $x = \frac{S(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} = 81,8 \text{ м.}$ 3.381. $\alpha = \arccos \left(1 - \frac{2}{gl} \left(\frac{mv_0^2}{m + M} \right) \right)$.

3.382. $h = \frac{1}{2g} \left(\frac{mv_0}{M + m} \cos \alpha \right)^2$.

3.2.4. Статика

Качественные и графические задачи

3.383. Спортсмен при поднятии штанги делает шаг вперед для того, чтобы увеличить площадь опоры и придать себе этим большую устойчивость в плоскости, расположенной перпендикулярно грифу штанги.

3.384. Ель растет в сыром грунте, и корни ее находят достаточно влаги близ поверхности. Они широко разбегаются вокруг дерева, но не проникают вглубь. Сосна, растущая в сухих местах, вынуждена искать воду на большой глубине. Ее корни уходят в землю глубоко, поэтому она более устойчива.

3.387. Чтобы увеличить плечо силы и этим облегчить открывание двери.

3.389. Выигрыш в силе на рычаге равен отношению плеч рычага. Выигрыш в силе у кусачек равен произведению отношений плеч составляющих их рычагов.

3.390. Так как на рычаге уравниваются две силы, равные силе тяжести. Изменение одной из них происходит одновременно с изменением другой.

3.391. Необходимо переходить так, как показано на рисунке 12.

3.393. Перетянет латунная гиря.

3.395. $t_2 - t_3$; $t_3 - t_4$.

3.396. Уровень жидкости в широком колене практически не изменяется, и отсчет изменения давления производится по положению уровня в узкой трубке. Высота поднятия жидкости не зависит от угла наклона трубки, а длина жидкого столбика зависит от угла наклона. Эта длина значительно больше высоты, поэтому такой манометр обладает большей чувствительностью.

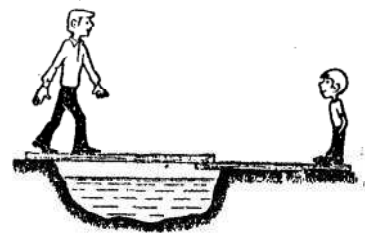


Рис. 12. К задаче 3.391

Тестовые задания

3.398.	1
3.399.	3
3.400.	2
3.401.	4

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.402. Центр масс системы на расстоянии 0,20 м от самого тяжелого шарика. **3.403.** 50 Н. **3.405.** На расстоянии 0,045 м от его середины, на свинцовой половине. **3.406.** На расстоянии 0,1 м от конца стержня к которому подвешен первый груз. **3.407.** 10,5 см.

Уровень В

3.408. а) $x_1 = x_2 = mg / k$; $S_1 = 2mg / k$; б) $x_1 = x_2 = S_2 = mg / 2k$. **3.409.** $F = \frac{mg\sqrt{h(2R-h)}}{R-h}$.

3.410. $T = mg \frac{\sqrt{r(2R+r)}}{R}$; $N = mg \left(1 + \frac{r}{R}\right)$. **3.411.** $N_1 = m_1 g / 2 = 490 \text{ Н}$; $m_2 = m_1 \sin \beta / 2 = 25 \text{ кг}$;

$N_2 = m_1 g \cos \beta / 2 = 426 \text{ Н}$.

3.2.5. Гидро- и аэростатика. Сила Архимеда

Качественные задачи

3.412. Шайба увеличивает площадь опоры. При этом уменьшается давление на детали, скрепленные с помощью болта и гайки.

3.414. Для уменьшения площади острия режущего инструмента, что увеличивает давление на материал изделия и облегчает его обработку.

3.416. Зависит. При увеличении давления внутри баллона уменьшается площадь опоры колеса на дорогу, поэтому давление трактора на дорогу возрастает.

3.417. У грузовых автомобилей тяжесть в основном приходится на задние колеса. Чтобы не возникало большого давления их на грунт и они не погружались глубоко в почву, увеличивают площадь опоры задних колес, насаживая на ось дополнительные баллоны.

3.418. $p_1 < p_2$, так как площадь головки Г больше, а площадь поперечного сечения болта меньше, сила давления одна и та же.

3.419. 5,9 кПа.

3.420. Насосом, расположенным на высоте 30 м, – нельзя, а на высоте 5 м можно.

3.421. Нельзя. Насос имеет систему клапанов, которых у шприца нет. Движение жидкости в насосе идет все время в одном направлении, в шприце оно идет то в одном, то в противоположном направлении. Действие шприца сходно с действием пипетки (глазной капельницы).

3.422. В воде на тело человека действует направленная вверх выталкивающая сила. На берегу она не действует.

3.423. На человека в воде, кроме силы тяжести, действует еще и выталкивающая сила, направленная вверх.

3.424. Одинаковы.

3.425. Осадка корабля зависит от его веса и веса вытесненной им воды. На разных широтах вес корабля различен, но точно так же меняется и вес постоянной массы воды. Вследствие этого осадка корабля в воде всюду одинакова, где одинакова ее плотность.

3.426. Более тонкий в верхней части.

3.427. Плотность более жирного молока меньше, и в нем лактометр погрузится глубже.

3.428. Плотность нагретого воздуха меньше холодного, поэтому на нагретый воздух действует избыточная архимедова сила.

3.429. Уменьшением плотности воздуха с высотой подъема шара.

3.430. Чем больше высота подъема, тем ближе форма газовой оболочки стратостата к шарообразной.

3.431. Погружаясь на большую глубину, мы вытесняем больший объем воды. По закону Архимеда на нас в этом случае будет действовать большая выталкивающая сила.

3.432. Тяжелые свинцовые подошвы ботинок помогают водолазу преодолеть выталкивающую силу воды.

3.433. Плотность морской воды несколько больше плотности речной, поэтому по закону Архимеда морская вода выталкивает тело с большей силой.

3.434. Так как плотность серебра больше плотности железа, то объем слитка серебра меньше. Следовательно, уровень воды в первом стакане будет выше.

- 3.435. Результаты опыта на Луне будут такими же, что и на Земле. Вес камня на Луне, действительно, в 6 раз меньше, чем на Земле, но во столько же меньше и вес жидкости, вытесненном камнем.
- 3.436. Уровень воды не изменится, так как количество вытесненной воды останется тем же.
- 3.437. Равновесие не нарушится, так как согласно закону Паскаля давление на дно сосуда будет всюду одинаковым.
- 3.438. Выделим внутри жидкости столбик высотой h (см. рисунок 13). Уравнение движения этого столбика имеет вид: $ma = mg - ps$, где $m = \rho Sh$ - масса жидкости, а p - давление на глубине $h \Rightarrow p = \rho h(g - a)$.
- 3.439. В цилиндрическом сосуде дно отпадет во всех трех случаях, т.к. сила давления на дно сосуда сверху будет каждый раз равна 1 кГ. В сосуде, суживающемся кверху, дно отпадет только при наливании масла, т.к. уровень масла здесь будет выше, чем в цилиндрическом сосуде. В сосуде, расширяющемся кверху, дно отпадет при наливании ртути, которая будет стоять выше, чем в цилиндрическом сосуде, а также при опускании гири, вес которой распределится в данном случае на меньшую площадь, чем в остальных двух случаях.
- 3.440. Показания весов увеличатся, если средняя плотность взвешиваемого тела меньше плотности разновесок. Показания весов уменьшатся, если средняя плотность тела больше плотности разновесок. В случае если разновески и тело имеют одинаковую среднюю плотность, равновесие весов не нарушится.
- 3.441. Человек не достиг своей цели, так как, увеличив выталкивающую силу, он вместе с тем более значительно увеличил вес своей ноши (плотность сжатого воздуха в камере больше плотности наружного воздуха).
- 3.442. В сливной трубе вода движется с большой скоростью, поэтому давление уменьшается и может стать меньше атмосферного.
- 3.443. В первый момент, пока струя еще не достигла чашки, равновесие нарушится. Чашка качнется вверх, так вытекающая из сосуда вода перестанет оказывать давление на дно сосуда. Однако после того, как струя достигнет чашки, равновесие восстановится. В момент, когда струя прекращается, чашка качнется вниз, так как последние элементы жидкости, падая на чашку, действуют на нее с силой, превышающей их вес, а уменьшение давления на дно сосуда прекратится.

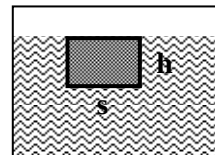


Рис. 13. К задаче 3.438

Тестовые задания

3.444.	2
3.445.	3
3.446.	3
3.447.	1
3.448.	3
3.449.	1
3.450.	2

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.451. 1 км. 3.452. $2,6 \cdot 10^3$ Па. 3.453. $F = 0,125 \rho g r h^2 = 0,35$ МН. 3.454. $h = 0,5R$, где R - радиус основания цилиндра. 3.455. ≈ 1150 раз. 3.456. 99 м. 3.457. $1,33 \cdot 10^3$ кг/м³. 3.458. $7,9 \cdot 10^{-3}$ кг. 3.459. 10^4 Н; 50 Дж. 3.460. 1000 м³. 3.461. $F_{\text{сопр}} = mg(1 - \rho_b/\rho_c) = 6,2$ Н. 3.462. 1,6 м/с. 3.463. $D_{\min} = 2 \sqrt{\frac{V}{\pi v_{\max} t}} = 0,77$ м. 3.464. $h_2 = h = \frac{1}{g} \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2} + \frac{p_1 - p_2}{\rho} \right) = 15$ м; $D = D_1 \sqrt{\frac{v_1}{v_2}} = 0,106$ м.

Уровень В

- 3.465. $\Delta h = \frac{\rho_3 h_2 - \rho_1 h_1}{\rho_2} = 8,8 \cdot 10^{-3}$ м. 3.466. $\Delta l = \frac{m}{\rho_1 S \sin \alpha} = 0,17$ м. 3.467. $N = \frac{4m_s g}{\pi D^2 g l (\rho_s - \rho_o)}$. 3.468. $m = \rho_m \left(l - \frac{\rho_m l - \rho_o h - \rho_o l}{\rho_m - \rho_o} \right) l^2$. 3.469. $D = 2 \sqrt{\frac{m}{\pi \rho t \sqrt{2gh}}} = 0,02$ м. 3.470. $h_0 = \frac{\rho - \rho_0}{\alpha}$

3.2.6. Механические колебания и волны

Качественные и графические задачи

- 3.471.** Голос возникает благодаря колебанию двух эластичных складок – голосовых связок. Они находятся в верхней части дыхательного горла – в гортани. Когда мы дышим, голосовые связки раздвинуты так, что образуют треугольное отверстие, и воздух свободно проходит через него в легкие и из легких. Когда же мы произносим какой-либо звук, особые мышцы сближают голосовые связки и щель становится узкой. Движение воздуха теперь затруднено и при его выдыхании складки начинают колебаться. При этом возникает звук. Все разнообразие наших звуков создается уже дальше, начиная с гортани и кончая полостью рта и носа.
- 3.472.** Удар вызывает маятникообразные колебания грудной стенки и находящихся за ней органов тела, то есть приводит к возникновению звука. Если исследуемый орган однороден, его колебания периодические, их число в единицу времени постоянно. Они воспринимаются как тоны. При неоднородности внутренних органов колебания их отдельных частей будут, иметь различную частоту и амплитуду. Сумму этих колебаний мы воспринимаем как шум.
- 3.473.** Источником звука в голосовом аппарате человека являются голосовые связки. Они приходят в колебание в результате поступления воздуха из легких. Связки у женщин и детей обычно тоньше и короче, их собственная частота колебания выше, чем у мужчин.
- 3.474.** Частота колебания, создаваемая крыльями птицы, ниже нашего порога слышимости, поэтому полет птицы как звук мы не воспринимаем.
- 3.475.** Высота тона звука зависит от его частоты. Частота колебаний крылышек комара значительно больше, чем шмеля.
- 3.476.** В лесу ухо воспринимает звуки, пришедшие не только непосредственно от их источника, но и те, которые пришли со стороны, отразившись от деревьев. Эти отраженные звуки и мешают определить верное направление на звучащий предмет.
- 3.477.** Лиственный лес порождает шум более низкого тона, чем хвойный, так как листья его деревьев имеют большую поверхность. Шум от колебаний листьев, ударов и трения их друг о друга более низкого тона.
- 3.478.** Деревья, растущие на опушке леса, являются как бы звуковым зеркалом, от которого отражаются звуковые волны. Этим и объясняется хорошая слышимость эха на опушке леса.
- 3.479.** Летучие мыши издают разнообразные звуки, но почти все они попадают в диапазон частот, лежащий выше порога слышимости человека. В процессе полета летучая мышь непрерывно облучает ультразвуковыми импульсами пространство перед собой. Если на пути ультразвуковой волны встречается какое-либо препятствие, то от него возникает отраженная волна – эхо, которое воспринимается животным. С помощью эха летучие мыши обнаруживают мелкие движущиеся объекты, недоступные их зрению. Они используют эхо не только для ориентировки, но и для отыскания себе пищи. По принципу ультразвукового локатора мышей работают эхолоты, различного рода ультразвуковые дефектоскопы.
- 3.480.** Если резиновые трубки заменить сплошным резиновым шнуром, то врач ничего не услышит, так как резина плохо проводит звуковые колебания.
- 3.481.** Мембрана фонендоскопа прикладывается к телу для того, чтобы улучшить слышимость. Одежда и слой воздуха между телом и одеждой поглощают значительную часть звуковой энергии.
- 3.482.** а) отвести; б) толкнуть. **3.483.** Будут остывать во всех случаях. **3.484.** в), г), д), ж).
- 3.485.** Нет. Надо подавать команду через промежутки времени, равные периоду собственных колебаний автомобиля. **3.486.** $A_2 = A_1/2$; $T_2 = T_1/2$; $\nu_2 = 2\nu_1$. **3.487.** 10 см; 0,2 с; 5 Гц.

Тестовые задания

3.489.	4
3.490.	4
3.491.	1
3.492.	3
3.493.	1
3.494.	2
3.495.	3
3.496.	4
3.497.	1
3.498.	3
3.499.	3
3.500.	3

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.501. 0,25 с. 3.502. Комар больше на 24000 взмахов. 3.503. 80 см.
3.504. 4 см. 3.505. Второй в два раза дальше. 3.506. 0,6 с. 3.507.
17,3 м/с. 3.508. $m_1 = 0,1$ кг. 3.509. 5 см. 3.510. 4 кг. 3.511.
100 г. 3.512. Уменьшится в два раза. 3.513. Уменьшится в $\sqrt{3}$ раз.
3.514. 9:1. 3.515. $x = 5 \sin(5\pi t + \pi/4)$, см. 3.516.

$$x = 0,1 \sin \frac{\pi}{2} t.$$

3.517. $x = 50 \sin(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{4})$, мм; $x_1 = 35,2$ мм, $x_2 = 0$.

3.518. $v_{\max} = 7,85$ см/с; $a_{\max} = 12,3$ см/с². 3.519. 4 с; 3,14 см/с; 4,93 см/с². 3.520. 50 мм; 50 Гц; 0,02 с; 32 мм. 3.521. $v = -3,14 \sin 0,2\pi t$;
 $a = -1,97 \cos 0,2\pi t$; $F = -1,97 m \cos 0,2\pi t$; $W_k = 3,14^2 (m/2) \sin^2 0,2\pi t$.

3.523. $x = 4 \cdot 10^{-2} \sin(\pi t + \pi/3)$. 3.524. 13,6 см/с. 3.525. Уменьшится в 1,8 раза. 3.526. 0,78 с.
3.527. $x = 0,02 \cos 1,4\pi t$; $v = 0,09 \cos(1,4\pi t + \pi/2)$; $a = 0,4 \cos(1,4\pi t + \pi)$; $a_1 = -0,2$ м/с². 3.528. 1,93 с.
3.529. 1 с. 3.530. 1,5 см. 3.531. 18,8 м/с. 3.532. 3 м/с. 3.533. $S = \lambda N \frac{t_1}{t_2} = 6,25$ м. 3.534. 1 см.

3.535. 350 м/с; 0,8 м/с. 3.536. $v_c = \frac{v_{36}}{\tan \alpha} = 200$ м/с; $S = \frac{v_{36} t}{\sin \alpha} = 800$ м. 3.537. 12 см. 3.538. $4 \cdot 10^{-2}$ м.

3.539. $l_1 = \frac{N_2^2 \Delta l}{N_1^2 - N_2^2} = 9$ см; $l_2 = \frac{N_1^2 \Delta l}{N_1^2 - N_2^2} = 25$ см. 3.540. $\lambda_2/\lambda_1 = 1,53$.

Уровень В

3.541. 18 см; 50 см. 3.542. – 2 Н. 3.543. Вертикальная составляющая силы натяжения Т равна $F = T \cos \alpha$ (см. рисунок 14). Для конического маятника $F = mg$, т. к. груз не обладает ускорением в вертикальной плоскости. В случае математического маятника при максимальном отклонении его от положения равновесия (на угол α) результирующая сила направлена по касательной к траектории груза. Следовательно, $T = mg \cos \alpha$. При отклонении на угол α натяжение нити конического маятника будет больше. 3.544. Период колебаний математического маятника равен $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}}$, где g' – ускоре-

ние свободного падения в соответствующей системе координат. В нашем случае $g' = \sqrt{g^2 + a^2}$, где g – ускорение свободного падения относительно Земли. 3.545. $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \pm a}}$. Плюс надо брать, если уско-

рение лифта направлено вверх; минус – при ускорении, направленном вниз. 3.546. Период колеба-

ний груза на пружине $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$, где k – коэффициент упругости пружины, равный отношению силы,

вызвавшей удлинение, к этому удлинению: $k = \frac{F}{x}$. При последовательном соединении двух одинако-

вых пружин, растягиваемых силой F , $k_1 = \frac{F}{x_1} = \frac{F}{2x} = \frac{k}{2}$, так как каждая из пружин увеличивает свою

длину на x . При параллельном соединении одинаковых пружин сила F_1 , необходимая для увеличения

длины каждой из пружин на x , должна быть в 2 раза больше F . Следовательно, $k_2 = \frac{F_1}{x} = \frac{2F}{x} = 2k$. При

последовательном соединении $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{k}}$, а при параллельном $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2k}}$. Отсюда $\frac{T_1}{T_2} = 2$.

Период уменьшится в два раза. 3.547. На поверхности земли период колебаний маятника $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

На высоте h над землей период колебаний маятника $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_1}}$, число колебаний за сутки

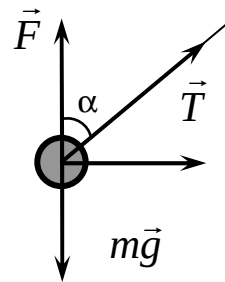


Рис. 14. К задаче 3.543

$N_1 = 24 \cdot 60 \cdot 60 \frac{1}{T_1} = \frac{k}{T_1}$. Следовательно, на высоте h над землей часы отстанут за сутки на время

$\Delta t_1 = N_1(T_1 - T_0) = k \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right)$. Отношение периодов: $\frac{T_0}{T_1} = \sqrt{\frac{g_1}{g}} = \frac{R}{R+h}$, как вытекает из закона всемирного

тяготения. Отсюда $\Delta t_1 = \frac{kh}{R+h} \approx \frac{kh}{R} \approx 2,7 \text{ с}$. Если часы опущены в шахту, то отношение ускорений

$\frac{g_2}{g} = \frac{R-h}{R}$, т.к. $g = G \frac{4\pi}{3} R^3 \rho \frac{1}{(R-h)^2}$, где ρ – плотность Земли $\Rightarrow \frac{T_0}{T_2} = \sqrt{\frac{g_2}{g}} = \sqrt{\frac{R-h}{R}} \approx 1 - \frac{h}{2R}$. Часы в этом

случае отстанут на время $\Delta t_2 = k(1 - \frac{T_0}{T_2}) = \frac{kh}{2R} \approx 1,35 \text{ с}$. **3.548.** $v_{\text{св}} = \bar{v}_{\text{св}} \sqrt{\frac{i+2}{3i}} = 342 \text{ м / с}$.

3.549. $\Delta L = 10 \lg \frac{I_2}{I_1} = 20$. **3.550.** $t = \frac{v_0}{g} \left(\frac{1}{\cos \alpha} + \frac{v_0}{v_{\text{св}}} \right) \sin 2\alpha = 194 \text{ с}$. **3.551.** $k = m^2 v_0^2 / (M+m) A^2 = 898 \text{ Н/м}$;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}} = 0,42 \text{ с}.$$

3.2.7. Элементы релятивистской механики

Тестовые задания

3.552.	1
3.553.	2
3.554.	1
3.555.	3
3.556.	2
3.557.	1
3.558.	4
3.559.	2
3.560.	3
3.560.	3
3.561.	1
3.562.	1
3.563.	2

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.567. $T = E - E_0$; $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$; $T = E_0 = mc^2$; $T = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1 \right)$; $1 = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1$;

$$\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = 2; 1 - v^2/c^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow v = c \sqrt{\frac{3}{4}} = 0,866 c = 2,6 \cdot 10^8 \text{ м / с}.$$

3.568. $p = \frac{m_p v}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = 5,68 \cdot 10^{-19} \text{ Н} \cdot \text{с}$; $T = \frac{m_p c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - m_p c^2 = 7,69 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$.

3.569. $\Delta E = \Delta mc^2$; $\Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{27 \cdot 10^{-14}}{9 \cdot 10^{16}} = 3 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$; Ответ: 3.

3.570. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$; $m_0 = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-0,81c^2/c^2}} = 2,3 \cdot m_0 \Rightarrow$

$$\Delta m = 2,3m_0 - m_0 = 1,3m_0 = 8,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

Уровень В

3.571. $E = E_1 + E_1 = m_s c^2 + m_p c^2 = (m_s + m_p) c^2$; $m_s = m_p = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

$$E = (2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}) \cdot 9 \cdot 10^{16} = \frac{163,8 \cdot 10^{-15} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 102,37 \cdot 10^4 \approx 1 \cdot 10^6 \approx 1 \text{ МэВ}$$

3.572. $l = l_0 \sqrt{1-v^2/c^2}$; $l = l_0 / 2$; $\sqrt{1-v^2/c^2} = 1/2$; $T = eU$; $T = m_e \cdot c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1 \right)$;

$$U = \frac{T}{e} = \frac{m_e c^2}{e} (2-1) = \frac{m_e c^2}{e} = 512 \text{ кВ.}$$

3.573. $7,2 \cdot 10^{12}$ лет.

$$3.574. \quad t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad \frac{S}{v} = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad t = \frac{S}{v}; \quad \frac{S}{v} = \frac{ct_0}{\sqrt{c^2 - v^2}}; \quad \frac{S^2}{v^2} = \frac{c^2 t_0^2}{c^2 - v^2}$$

$$v^2 c^2 t_0^2 = S^2 (c^2 - v^2); \quad v^2 c^2 t_0^2 = S^2 c^2 - S^2 v^2; \quad v^2 (c^2 t_0^2 + S^2) = S^2 c^2$$

$$v = \frac{S^2 c^2}{c^2 t_0^2 + S^2} = \frac{Sc}{\sqrt{c^2 t_0^2 + S^2}} = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{9 \cdot 10^{16} \cdot 4 \cdot 10^{-12} + 10^8}} = \frac{3 \cdot 10^{12}}{\sqrt{1,0036 \cdot 10^8}} = \frac{3 \cdot 10^{12}}{1,0018 \cdot 10^4} = 2,99 \cdot 10^8 \text{ м / с.}$$

3.3. Молекулярная физика и термодинамика

3.3.1. Основы молекулярной физики

Качественные и графические задачи

3.577. Из-за взаимных столкновений между молекулами при их хаотическом движении.

3.579. Нагретый у земли воздух поднимается на значительную высоту. Эти теплые потоки воздуха ударяются снизу в распростертые крылья птицы и поддерживают ее.

3.580. При 140К в состоянии жидкость – пар, при температуре 180 К – в газообразном состоянии.

3.581. Газы обращаются в жидкость при температурах ниже критической. Уменьшая объем ненасыщенного пара при температуре ниже критической, мы получим насыщенный пар данного газа, который при последующем уменьшении объема и понижении температуры конденсируется в жидкость.

3.582. В низине температура воздуха ниже, чем на холме.

3.583. Слой воды, соприкасающийся с нагреваемым дном сосуда, имеет наиболее высокую температуру.

3.584. Нет.

3.585. Попадая в более холодные слои жидкости, пар, содержащийся в пузырьках, конденсируется, давление его уменьшается, и пузырек либо уменьшается в размерах, либо исчезает.

3.586. Образующиеся у дна сосуда пузырьки пара поднимаются вверх и попадают в холодные слои воды. Здесь пар конденсируется, пузырек «захлопывается». Массовое исчезновение пузырьков пара образует шум.

3.587. Для воды – график III, для спирта - график II, для эфира - график I.

3.592. Мала поверхность испарения.

3.594. Реальные газы при низких температурах переходят в жидкое, и даже твердое состояние. Поэтому, линии графиков в области очень низких температур, проводят пунктирной линией, которая справедлива только для идеального газа.

3.595. Объем идеального газа при температуре 0 К не может быть равен 0, поскольку в модели газа молекулы наделяются массой и, следовательно, объемом.

$$3.596. \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_2}$$

3.597. Увеличивается.

3.606. $V_1 > V_2$.

3.607. При движении к верхней точке окружности – нагревание газа, к нижней – охлаждение.

3.609. На вершине горы, так как там меньше ускорение свободного падения.

3.613. Замерзающая в капиллярах дерева вода разрывает его волокна.

3.614. Листья многих растений содержат маслянистые вещества, а поэтому не смачиваются водой.

3.615. Эти насекомые не в состоянии преодолеть сил поверхностного натяжения.

3.617. Вследствие анизотропии расширение в разных направлениях может быть различным.

3.618. В первом случае кристалл растворяется, во втором – будет расти.

3.619. а) Сжатие; б) изгиб; в) растяжение; г) кручение; д) кручение и сжатие; е) сдвиг.

3.620. Не выпадет.

3.621. Правильны.

3.622. Не был.

3.623. Насыщенный.

3.624. 50%.

- 3.625. Можно. Для этого к одной чешуйке кедровой шишки прикрепляют тонкую легкую стрелку и устанавливают вертикально шкалу. Когда влажность воздуха увеличится, чешуйки шишек закроются и переместят стрелку по шкале. При уменьшении влажности стрелка отклонится в обратную сторону.
- 3.626. Перед дождем влажность воздуха увеличивается, в результате чего у мошек, мотыльков и других насекомых крылышки покрываются мелкими капельками влаги и тяжелеют. Поэтому насекомые опускаются вниз, а следом летят и птицы, питающиеся ими, например ласточки.
- 3.627. Засолка помидоров, огурцов, капусты основана на диффузии соли в эти овощи.
- 3.628. Испарение пота с тела животного способствует теплообмену, но потовые железы у собаки расположены только на подушечках пальцев, поэтому, чтобы увеличить охлаждение организма в жаркий день, собака широко открывает рот и высовывает язык. Испарение слюны с поверхности рта и языка понижает температуру ее тела.
- 3.629. Выдыхаемые пары, соприкасаясь с холодными предметами, конденсируются на них.
- 3.631. Атомы алмаза образуют кристаллическую решетку, одинаково сопротивляющуюся разрушающему действию сил во всех направлениях. Кристаллическая решетка графита легче разрушается в одних направлениях, чем в других.
- 3.632. Вода внутри соли, превращаясь в пар, разрывает кристаллы.
- 3.633. Нанести царапину одним телом на поверхности другого.
- 3.634. В проволоке большего диаметра напряжение в 9 раз меньше
- 3.635. 20 ГПа.

Тестовые задания

3.636.	2
3.637.	1
3.638.	1
3.639.	4
3.640.	1
3.641.	2
3.642.	3
3.643.	3
3.644.	2
3.645.	1
3.646.	3
3.647.	2
3.648.	4
3.649.	4
3.650.	2
3.651.	2
3.652.	3
3.653.	3
3.654.	3
3.655.	1
3.656.	2
3.657.	4
3.658.	1
3.659.	3
3.660.	1
3.661.	4
3.662.	4
3.663.	2
3.664.	1

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.665. 200 моль. 3.666. 2,2 кг. 3.667. 1,5 л. 3.668. $1,4 \cdot 10^{22}$. 3.669. $1,2 \cdot 10^{20}$.
- 3.670. $N = \pi d \rho h N_A / 4M = 5 \cdot 10^{19}$ ($\rho = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³; $M = 0,064$ кг/м³). 3.671. 2 м³; 2 м³. 3.672. $3,9 \cdot 10^{18}$.
- 3.673. 493 м/с; 461 м/с. 3.674. 493 м/с; 461 м/с. 3.675. 10^{-21} Дж. 3.676. 725 К. 3.677. $6 \cdot 10^{-21}$ Дж;

2·10²⁶ Дж. **3.678.** 2·10⁻²¹ Дж. **3.680.** 300 К. **3.681.** 677°C. **3.683.** Увеличится в 1,5 раза; уменьшится в 1,33 раза. **3.684.** 100 кПа. **3.685.** 90 мл. **3.686.** 7 л. **3.687.** 27°C. **3.688.** 11,7 мг. **3.689.** Вода в 2,4 раза больше. **3.690.** 28 мг. **3.691.** 0,47 мм. **3.692.** 0,24 Па. **3.693.** Увеличивается на 19%. **3.694.** 60%; 0,96 кПа. **3.695.** 50%. **3.696.** 0,002; 1 МПа. **3.697.** 0,0003; 1 мм. **3.698.** 210 МПа. **3.699.** В 2,1 раза. **3.700.** Абсолютное удлинение уменьшилось в 4 раза, а относительное – в 2 раза.

Уровень В

3.701. $r = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi N_A \rho}} \approx 0,65 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$ **3.703.** Водорода в $\sqrt{2}$ раз больше. **3.704.** В 1,7 раза. **3.705.** 4,14 кПа. **3.706.** 64,4 кг/м³. **3.707.** 7,5 кг. **3.708.** 2 кг/м³. **3.709.** Комбинируя уравнения $T = T_0 + \alpha V^2$ и $pV = RT$, получаем: $p = \frac{RT_0}{V} + \alpha RV$. Исследуем это выражение на минимум, взяв производную $\frac{dp}{dV}$ и приравняв ее к нулю: $\frac{dp}{dV} = -\frac{RT_0}{V^2} + \alpha R = 0$, откуда объем V_0 , при котором давление минимально равен: $V_0 = \sqrt{T_0 / \alpha}$, а наименьшее возможное давление p_0 идеального газа в рассматриваемом процессе определяется выражением: $p_0 = \frac{RT_0}{V_0} + \alpha RV_0 = 2R\sqrt{\alpha T_0}$. **3.710.** Считая, что температура остается постоянной, применяем к объему воздуха над ртутью закон Бойля-Мариотта: $(p_{01} - p_1)(l - 748 \text{ мм}) = (p_{02} - p_2)(l - 736 \text{ мм})$. Отсюда $l = 764 \text{ мм.}$ **3.711.** 5,1 мм. **3.712.** 73 мН/м. **3.713.** Выталкивающая сила уравнивает вес кубика mg и силу поверхностного натяжения $4a\sigma$. $a^2 \times \rho g = mg + 4a\sigma \Rightarrow x = (mg + 4a\sigma) / (a^2 \rho g) \approx 2,3 \text{ см.}$ **3.714.** Более 13.

3.3.2. Основы термодинамики

Качественные и графические задачи

- 3.715.** Гелия больше в 10 раз.
3.716. Увеличивается; уменьшается; не изменяется.
3.717. 300 К; 420 К; 250 Дж/(кг·К).
3.718. Механическая энергия переходит во внутреннюю. В соответствии с законом сохранения энергии работа, совершаемая при деформации проволоки, переходит в энергию теплового движения атомов алюминия.
3.719. Металлы обладают хорошей теплопроводностью, и успевает быстро прогреться или охладиться по всему объему. При этом в металлах не возникает таких напряжений, которые бы приводили к трещинам.
3.720. Температура воды в сильный мороз значительно выше температуры окружающего воздуха, поэтому в воде птица будет охлаждаться меньше, чем на воздухе.
3.721. Мы ощущаем холод не всей кожей, а только отдельными ее точками, в которых имеются чувствительные к холоду окончания нервов. Глаза таких точек не имеют.
3.729. Во время жары происходит интенсивная отдача тепла организмом человека через кожу в окружающий воздух. Тепло от внутренних органов к коже переносится с потоками крови. Очевидно, что человек тем больше потеряет тепла, чем больше его будет перенесено кровью к коже. В жаркую погоду кровеносные сосуды кожи сильно расширяются и через них проходит гораздо больше крови, чем обычно. Лицо имеет много поверхностных кровеносных сосудов. От увеличения притока крови к коже и происходит покраснение лица.
3.730. Стекло имеет меньшую теплопроводность, чем железо.
3.731. Алюминий обладает большей теплопроводностью, чем фарфор и его температура практически совпадает с температурой кипятка.
3.732. При температуре, равной температуре человеческого тела, когда не происходит теплопередачи. Теплопроводность дерева значительно меньше, чем у металла. Поэтому нагретое (или охлажденное на морозе) дерево не кажется таким горячим (или холодным), как железо.
3.733. В новом, так как слой накипи ухудшает теплопроводность стенок чайника.
3.734. Увеличение поверхности нагреваемого тела способствует быстрейшему его охлаждению. Ребристая поверхность имеет большую площадь. Поэтому она будет способствовать лучшему охлаждению.

- 3.735. Влажная, как имеющая большую теплопроводность.
- 3.736. Днем стволы деревьев нагреваются, и некоторое количество теплоты передается вниз, так как влажное дерево обладает хорошей теплопроводностью. Вследствие этого почва согревается, и снег вокруг ствола оттаивает.
- 3.737. Жир обладает плохой теплопроводностью и защищает организм животного от чрезмерного охлаждения в холодной воде полярного моря.
- 3.738. Трикотажное, шерстяное.
- 3.739. Вода обладает большей теплопроводностью, чем воздух, поэтому в воде тело человека охлаждается быстрее.
- 3.740. Пористый кирпич, различные пеноматериалы, стеклянная вата, войлок содержат воздух, обладающий малой теплопроводностью.
- 3.741. Теплый воздух имеет меньшую плотность, чем холодный. Поэтому архимедова сила вытесняет нагретый воздух в верхние его слои.
- 3.742. Чтобы обеспечить естественную циркуляцию воды в системе водяного отопления.
- 3.743. Черная шероховатая поверхность лучше излучает, чем светлая полированная.
- 3.744. Лучше покрывать черной краской.
- 3.745. На нагревание воды, имеющей большую удельную теплоемкость.
- 3.746. Покрышки нагреваются и за счет работы трения, имеющей место при частичном проскальзывании их по полотну дороги, и за счет работы деформации покрышки при качении.
- 3.747. При остановке кинетическая энергия автомобиля расходуется на работу против сил трения в тормозных колодках, шин о дорогу и т. д. Чтобы каждый раз после остановки приобрести необходимую скорость (а значит, и кинетическую энергию), в двигателе должно быть израсходовано дополнительно некоторое количество горючего.
- 3.748. При трении стали о камень металл разогревается. Искры – это раскаленные частицы стали, отрывающиеся от куска металла быстро движущимися бугорками точильного камня.
- 3.749. График *A* – для воды, график *B* – для чайника.
- 3.750. Железо обладает большей теплопроводностью и меньшей удельной теплоемкостью, чем кирпич. Кроме того, масса кирпичной печи больше, чем железной.
- 3.751. Нельзя, так как быстрота остывания зависит не только от теплопроводности, но и от теплоемкости шариков.
- 3.752. Расплавится.
- 3.753. Верным является второй график. На первом графике удельные теплоемкости льда и воды одинаковы, что неверно. На третьем графике начальная температура равна 0°C, удельные теплоемкости льда и воды одинаковы, и температура плавления льда указана выше 0°C, что тоже неверно.
- 3.754. Первый график – для более холодного помещения.
- 3.755. Примета указана верно. Образование кристалликов снега и льда связано с выделением энергии в окружающую среду (в атмосферу). Поэтому при снегопаде большого понижения температуры воздуха быть не может. Кроме того, облака предохраняют Землю от потерь на излучение энергии в космос.
- 3.756. Большой удельной теплоемкостью воды.
- 3.757. Нет, шуба не греет, она, обладая плохой теплопроводностью, замедлит приток тепла ко льду и его таяние.
- 3.758. Нет, так как вода в бутылке заморозить не будет.
- 3.759. Вода, замерзая, расширяется не только вверх, но и в стороны. Стекло при этом, наоборот, сжимается. Это вызывает появление в стекле напряжений, приводящих к его разрушению.
- 3.760. При отвердевании объем парафина уменьшается.
- 3.761. Из закрытой кастрюли не удаляется пар, уносящий с собой энергию, затраченную на его образование, и охлаждающий этим воду в кастрюле.
- 3.762. Чтобы обеспечить подъем пароводяной смеси и создать условия для естественной циркуляции воды в котле.
- 3.763. Из принципа работы любой холодильной установки следует, что в тепло переходит как вся энергия, потребляемая холодильником от сети, так и энергия, которую отдают охлаждаемые продукты (в данном случае вода). Это означает, что количество теплоты, выделившегося в комнате за время t , $Q = Pt + c_v m_v \Delta t + \lambda m_{\text{л}}$, при мощности холодильника $P = 100 \text{ Вт}$, $m = 1 \text{ кг}$,

$t = 20^{\circ}\text{C}$, $\lambda = 3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг. Время (оценочно), в течение которого произойдет охлаждение воды и ее замораживание, возьмем равным 3 часам или 10800 с. Тогда $Q \approx 2,26 \cdot 10^6$ кг.

3.764. 50 оборотов.

3.765. Отработанные газы при выпуске из цилиндра имеют значительно большее давление, чем атмосферный воздух. Расширяясь с большой скоростью, они создают шум. Смысл работы глушителя состоит в уменьшении скорости выхода газа из цилиндра двигателя.

3.766. а) Пусть в начальный момент эфир целиком заполняет шарик $B1$. Попад в теплую воду, эфир в нем нагревается, закипает и давлением паров перегоняется в шарик $B4$. За время движения шарика $B1$, внутри теплой среды (вал вращается по ходу часовой стрелки) из него вытекает максимально возможное количество эфира так, что шарик $B4$ пройдя вертикальную плоскость, становится тяжелее шарика $B1$ (см. состояние шариков $B3 - B6$). Аналогичное происходит со всеми шариками, находящимися в воде. Итак, за счет энергии теплой воды эфир перетекает из шариков $B3 B2 B1$, в шарик $B6 B5 B4$.

б) В результате этого правая сторона вала двигателя оказывается все время тяжелее, и он вращается по ходу часовой стрелки.

в) Система является тепловым двигателем. Если все шарики погрузить в воду, вал вращаться не будет, потому что температура эфира во всех шариках будет одинакова и он не будет перетекать из одного шарика в другой.

Тестовые задания

3.768.	1
3.769.	3
3.770.	1
3.771.	3
3.772.	3
3.773.	3
3.774.	3*
3.775.	1
3.776.	2
3.777.	1
3.778.	2
3.779.	2
3.780.	2
3.781.	2
3.782.	2
3.783.	2
3.784.	4
3.785.	1
3.786.	3
3.787.	2
3.788.	2
3.789.	3

* Так как теплоемкость воды – 4200 Дж/(кг $^{\circ}\text{C}$), теплоемкость спирта – 2400 Дж/(кг $^{\circ}\text{C}$), теплоемкость меди – 380 Дж/(кг $^{\circ}\text{C}$): 1 – медь, 2 – спирт, 3 – вода, 4 – лед.

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.790. 21 кДж; 6 кДж. **3.791.** $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 1246,5$ Дж. **3.792.** В соответствии с первым началом

термодинамики $\Delta U_{12} + A_{12} = 0$, но $A_{12} = -A_{\text{внеш.}} \Rightarrow \frac{3}{2} \nu R \Delta T = A_{\text{внеш.}} \Rightarrow \Delta T \approx 10$ К. **3.793.** 1,4.

3.794. 0,002 кг/моль. **3.795.** 37,4 кДж. **3.796.** На 12,5 кДж. **3.797.** $U = 3pV/2$; $U = 9$ МДж.

3.798. Уменьшилась в 3 раза. **3.799.** В $c_p M/R$ раз. **3.800.** 30%. **3.801.** $\eta_2 = 0,55$.

3.802. $\frac{Q_1}{|Q_2|} = \frac{1}{1-\eta} = 2,5$.

Уровень В

3.803. 22 кг. **3.804.** 40 т. **3.805.** Работа газа: $A_{123} = A_{12} + A_{23} = p_2(V_3 - V_2) = p_2(V_3 - V_1)$. По условию $p_2 = \frac{1}{n} p_1$, кроме того точки 1 и 3 лежат на одной изотерме, поэтому $p_1 V_1 = p_2 V_3$. Тогда

$A_{123} = \frac{1}{n} p_1 (V_3 - V_1) = \frac{n-1}{n} p_1 V_1$ и $A_{123} = \frac{n-1}{n} \cdot \frac{m}{M} RT_1 = 41,55 \text{ кДж}$. **3.806.** Согласно первому началу термодинамики $Q = \Delta U + A$; $\Delta U = 0 \Rightarrow Q = A$. Работа в изотермическом процессе есть площадь под графиком в координатах (p, V), т.е. $A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\nu RT}{V} dV = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}$; $\ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{Q}{RT} = \frac{2500}{8,31 \cdot 300} = 1$. Очевидно, что

объем газа увеличился в e раз. **3.807.** 1) 249 К; 2) 896 Дж; 3) -786 Дж; 4) -110 Дж. **3.808.** 1228 м. **3.809.** 0,47 кДж; 1,67 кДж; 2,14 кДж. **3.810.** Пусть маятник часов, идущих точно, совершает N колебаний в сутки. Тогда при температуре t_1 маятник наших часов сделает N колебаний за $n - 5$ с (где $n = 86400$ – число секунд в сутках), а при температуре t_2 за $n + 10$ с. Периоды колебаний будут соответственно равны: $T_1 = (n - 5) / N$ и $T_2 = (n + 10) / N$. Отсюда отношение периодов $\frac{T_1}{T_2} = \frac{n - 5}{n + 10} \sim 1 - \frac{15}{n}$. С дру-

гой стороны, учитывая, что период колебаний маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, получаем:

$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}} \sim \sqrt{1 + \alpha(t_1 - t_2)} \approx 1 + \frac{\alpha}{2}(t_1 - t_2)$. Приравнявая выражения для отношения периодов, найдем:

$\alpha \approx \frac{30}{(t_2 - t_1)n} \approx 2,3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{град}}$. **3.811.** Кислород; $c_V = 649 \text{ Дж/(кг·К)}$; $c_p = 909 \text{ Дж/(кг·К)}$. **3.812.** $1,96^\circ\text{C}$.

3.813. $N = \frac{\eta V \rho q v}{S} \approx 766 \text{ Вт}$. **3.814.** 1) $\Delta S_1 = 28,8 \text{ Дж/К}$; 2) $\Delta S_2 = 40,3 \text{ Дж/К}$.

3.4. Электричество и магнетизм

3.4.1. Основы электростатики

Качественные и графические задачи

3.815. Может в зависимости от того, чем ее натирают.

3.816. Приблизить палочку к шарiku электроскопа. Если листочки его разойдутся еще больше, то электроскоп заряжен отрицательно, если листочки опустятся, то – положительно.

3.817. Заряды не уничтожаются. Каждый из них создает свое электрическое поле. Но заряды могут располагаться так, что их суммарное поле равно нулю.

3.818. Масса шарика уменьшается, так как при электризации положительным зарядом уменьшается число электронов в заряженном теле.

3.819. Нет не правильно. На электрический заряд действует сила, равная напряженности поля, умноженной на заряд. Заряд получает ускорение, направленное по касательной к линии напряженности. Но если линии напряженности кривые, а не прямые, то с направлением линии напряженности совпадает направление ускорения, а не скорости заряда.

3.820. Уменьшится в 4 раза. **3.821.** В точке С в 2,25 раза больше. **3.822.** 2. **3.824.** $F = 0,9 \text{ Н}$.

3.825. 60 В. **3.826.** 3. **3.827.** 4. **3.828.** 4. **3.829.** 3. **3.830.** 1. **3.831.** 2. **3.832.** 3. **3.833.** 1.

3.834. Работа при перемещении заряда из точки А во всех трех случаях одинакова.

Тестовые задания

3.835.	1
3.836.	3
3.837.	1
3.838.	2
3.839.	2
3.840.	1
3.841.	1
3.842.	4
3.843.	1
3.844.	4
3.845.	4
3.846.	2
3.847.	4

3.848.	1
3.849.	2
3.850.	4
3.851.	4
3.852.	3
3.853.	1
3.854.	1
3.855.	2
3.856.	1
3.857.	4
3.858.	4
3.859.	4
3.860.	3
3.861.	3
3.862.	1
3.863.	3
3.864.	4
3.865.	4
3.866.	4
3.867.	1
3.868.	2
3.869.	3
3.870.	3
3.871.	4
3.872.	3
3.873.	3
3.874.	1
3.875.	1
3.876.	2
3.877.	1
3.878.	4
3.879.	2

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.880. 10^{22} электронов. 3.881. 10^{11} . 3.882. В $1,24 \cdot 10^{36}$. 3.883. $92,3 \cdot 10^9$ Н. 3.884. 8,94 см.
 3.885. $5 \cdot 10^{-7}$ Н; $3,4 \cdot 10^{-7}$ Н. 3.886. $2,24 \cdot 10^6$ м/с. 3.887. 0,24 м. 3.888. Напряженность у поверхности
 шара: $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_3^2} \Rightarrow Q = 4\pi\epsilon_0 R_3^2 E \approx 5,5 \cdot 10^9$ Кл. 3.889. 50,4 кВ/м. 3.890. 111,7 кВ/м.

3.891. $y = \frac{gm}{qE} x = kx \Rightarrow$ траектория – прямая линия. 3.892. $0,56 \cdot 10^6$ м/с. 3.893. В 31,78 раза.

3.894. 1,2 мкДж.

Уровень В

3.895. $r = \frac{e^2}{2\pi\epsilon_0 m v_0^2} = 5 \cdot 10^{-10}$ м. 3.896. -2,23 нКл. 3.897. $m = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon g 4\ell^2 \tan^2 \alpha} = 0,0156$ кг.

3.898. $T_2 = mg - F$; $F = k \frac{qq}{\epsilon r^2} = \frac{mg}{2} \Rightarrow r = 0,07$ м. 3.899. $E = \frac{3q}{2\pi\epsilon_0 \epsilon a^2}$. 3.900. 0,25 МВ/м.

3.901. Из закона сохранения энергии $\Rightarrow \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \ell} + \frac{k\ell^2}{2} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 4\ell} + \frac{k 4\ell^2}{2} \Rightarrow k = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 2\ell^3}$. 3.902. $\vec{E} = 0$.

3.903. $q = \frac{4\pi R^3 g (\rho - \rho_m)}{3E} = 11$ нКл. 3.904. $r = \sqrt[3]{\frac{3Eq}{4\pi g}} = 0,44$ мкм. 3.905. 6 см

$$3.906. \quad v_1 = \sqrt{v_2^2 - \frac{2q(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}} = 16,7 \text{ см/с.}$$

$$3.907. \quad A = q R \varphi_{\text{ш}} \frac{l_2 - l_1}{(R + l_1)(R + l_2)} = -39,5 \text{ мкДж.}$$

$$3.908. \quad \varphi = 180 \text{ В.}$$

3.4.2. Емкостные цепи. Конденсаторы

Качественные и графические задачи

3.909. Уменьшится в 2 раза. Увеличится в 6 раз.

3.911. Не изменится. Увеличится в 1,5 раза. Введение тонких незаряженных пластин не изменяет электрического поля внутри конденсатора, а, значит и емкости конденсатора. После соединения пластин проводом получается батарея из двух последовательно соединенных конденсаторов, емкость каждого из которых $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d/3} = 3C_0$, где C_0 – первоначальная емкость конденсатора. Емкость батареи $C = C_1 / 2 = 3C_0 / 2$.

$$3.912. \quad C_{\text{общ}} = \frac{(C_1 \varphi_1 + C_2 \varphi_2)}{C_1 \varphi_1 + C_2 \varphi_2}. \quad 3.913. \quad 5. \quad 3.914. \quad 1. \quad 3.915. \quad \text{а) } C/3; \text{ б) } C; \text{ в) } 3 \cdot C; \text{ г) } 3 \cdot C/5; \text{ д) } 5 \cdot C/3; \text{ е) } C.$$

Эквивалентные схемы соответствующих цепей (рис. 15):

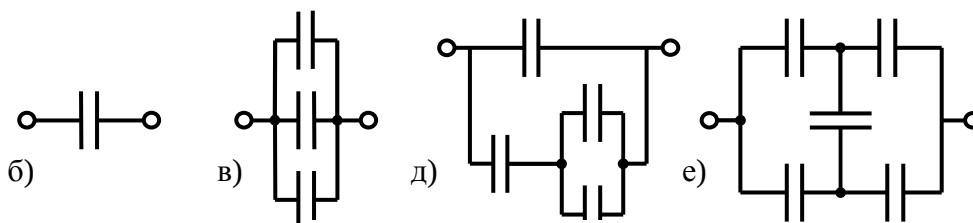


Рис. 15. К задаче 3.915

$$3.916. \quad q_1 = q_2 = q. \text{ Напряжение источника: } U = U_1 + U_2 \text{ (1). } U_1 = \frac{q}{C_1}; \quad U_2 = \frac{q}{C_2} \text{ (2)} \Rightarrow U_2 = U_1 \frac{C_1}{C_2} \text{ (3).}$$

$$(3) \rightarrow (1): U = U_1 \left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right) \Rightarrow U_1 = \frac{UC_2}{C_2 + C_1} = \frac{4}{5} U.$$

Тестовые задания

3.917.	1
3.918.	1
3.919.	2
3.920.	4
3.921.	4
3.922.	2
3.923.	1
3.924.	1
3.925.	4
3.926.	1
3.927.	1

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

$$3.928. \quad 2,1 \cdot 10^7 \text{ Кл.}$$

$$3.929. \quad m = \frac{4\pi \epsilon \epsilon_0 R \varphi m_e}{e} = 2,5 \cdot 10^{-20} \text{ кг.}$$

$$3.930. \quad 100 \text{ В; } 0,1 \text{ Дж.}$$

$$3.931. \quad d = \frac{US \epsilon \epsilon_0}{q} = 4,78 \text{ мм.} \quad 3.932. \quad 0,33 \text{ мкФ.} \quad 3.933. \quad \omega = \frac{\epsilon \epsilon_0 U^2}{2d^2} = 0,309 \text{ Дж/м}^3.$$

Уровень В

3.934. 3,6 кВ. 3.935. $q = 0,25\pi \varepsilon_0 \varepsilon E D^2 = 5,6 \text{ нКл.}$ 3.936. $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d_1 + \varepsilon(d - d_1)} = 7,3 \text{ нФ.}$

3.937. $C = C_2 + \frac{C_1(3C_2 + C_1)}{6C_2 + 5C_1} = 1,62 \text{ мкФ.}$ 3.938. 16 пФ; 4 пФ. 3.939. Движение шарика рассмотреть

как движение в двух направлениях – вертикальном и горизонтальном. Записать уравнение кинематики для горизонтального движения:

$$\frac{d}{2} = \frac{at^2}{2}, \text{ где } ma = F = qE \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a}} = \sqrt{\frac{dm}{qE}}; t = \sqrt{\frac{0,05 \cdot 0,02}{10^{-5} \cdot 10^4}} = \sqrt{10^{-2}} = 0,1 \text{ с}$$

3.4.3. Законы постоянного тока

Качественные и графические задачи

3.940. Стекланный баллон электрической лампочки, покрытый слоем влаги, проводит электрический ток, который при определенных условиях может вызвать поражение человека.

3.941. Поражение током с тяжелым исходом возможно при напряжении, начиная приблизительно с 30 В.

3.942. Биологическое действие тока зависит от величины тока, протекающего по организму пострадавшего. Ток в 0,025 А вызывает проходящий паралич, а ток в 0,1 А и более смертелен.

3.943. Ток, проходя через тело человека, воздействует на центральную и периферическую нервную систему, вызывая нарушение работы сердца и дыхания.

3.944. Тело сидящей на проводе птицы представляет собою ответвление цепи, включенное параллельно участку проводника между лапками птицы. При параллельном соединении двух участков цепи величина токов в них обратно пропорциональна сопротивлению. Сопротивление тела птицы огромно по сравнению с сопротивлением небольшой длины проводника, поэтому величина тока в теле птицы ничтожна и безвредна. Следует добавить еще, что разность потенциалов на участке между ногами птицы мала.

3.945. Во втором случае, так как при некотором напряжении U_0 , одинаковом для обоих проводников, сила тока во втором проводнике меньше, чем в первом.

3.946. В первом случае, так как при некотором значении сопротивления R_0 , одинаковом для обоих проводников, сила тока в первом случае больше, чем во втором.

3.947. 6 А. 3.948. 1. а) $72,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом;}$ б) $18,9 \cdot 10^{-4} \text{ Ом;}$ в) $3,38 \cdot 10^{-4} \text{ Ом;}$ г) $16 \cdot 10^{-4} \text{ Ом.}$ 2. а) 0,26 Дж; б) 6,8 Дж; в) 1,22 Дж; г) 5,67 Дж. 3. а) $72,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом;}$ б) $3,1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом;}$ в) $8,35 \cdot 10^{-3} \text{ Ом;}$ г) 0,1 Ом.

3.949. 1:3:1

3.950. 1) А ярче; В и С одинаково но менее ярко. 2. При исключении лампочки А напряжение на лампочках В и С возрастет и они станут гореть ярче. Ток в цепи уменьшится. Если убрать лампочку В, то напряжение на лампочке А несколько возрастет и она станет гореть ярче, лампочка С выключится. Ток в цепи уменьшится по сравнению с исходным состоянием.

2) Если соединить проводником точки а и в, то лампочки А и С станут гореть одинаково ярко, а лампочка В погаснет. Ток возрастет по сравнению с исходным положением.

3.952. Повысилось напряжение или уменьшилось сопротивление.

3.953. В 4 раза. 3.954. В 2,2 раза. 3.955. Имеет. По правилам техники безопасности необходимо ставить выключатели только по схеме а, так как во время размыкания такой цепи лампочка не будет под напряжением. 3.956. Сначала вилку из розетки. 3.957. Уменьшился ток или уменьшилось сопротивление. 3.958. При соединении с точкой В - не изменятся, с точкой С - сильно уменьшатся, с точкой D - практически обратятся в нуль, с точкой Е - также обратятся в нуль. 3.959. При соединении с точками В и С не изменятся, с точками D и Е обратятся почти в нуль. 3.960. При последовательном соединении гальванических элементов сила тока равна $I_1 = \frac{n\varepsilon}{nr + R} = \frac{\varepsilon}{r + R/n}$, где ε - э.д.с.

каждого элемента, r - его внутреннее сопротивление, R - внешнее сопротивление. При параллельном соединении сила тока равна $I_2 = \frac{\varepsilon}{r/n + R}$. Очевидно $I_2 = I_1$, если $R = r$, т.е. если сопротивление проводника равно внутреннему сопротивлению элемента. 3.961. Один из способов: имея известное сопротивление, включить его последовательно с амперметром в сеть; искомое напряжение вычислить по формуле $U = IR$. 3.962. Малым по сравнению с другими сопротивлениями, включенными в цепь. 3.963. Трубка, так как площадь поперечного сечения у нее меньше, чем у стержня. 3.964. В этом случае они обладают ничтожно малым сопротивлением и не влияют на силу тока в цепи. 3.965. При

последовательном включении проводников напряжение больше на том из них, у которого сопротивление больше. Следовательно, вольтметр даст большее показание, если его подсоединить к лампе. **3.966.** Так как напряжение прямо пропорционально сопротивлению, а оно при прочих равных условиях прямо пропорционально длине, то искомая зависимость будет также прямо пропорциональной. **3.967.** В медной. **3.968.** Чтобы вольтметр как можно меньше изменял ток в измеряемой цепи. **3.969.** Его нужно зашунтировать, т. е. параллельно прибору включить проводник. **3.970.** 31 Ом. **3.971.** 44 Ом. **3.972.** 41 Ом. **3.973.** 54 Ом. **3.974.** 68 Ом. **3.975.** Второй. **3.976.** а) 4R; б) 0,25·R; в) 4R/3; г) R; д) 2,5·R; е) 0,75R; ж) 0,4R; з) 3R/5. **3.977.** 390 Ом.

Тестовые задания

3.978.	3
3.979	3
3.980.	2
3.981.	4
3.982.	1
3.983.	4
3.984.	3

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.985. 27 В; 24 В; 3 В. **3.986.** 45 В; 2 А; 2 А. **3.987.** 230 В; 230 В; 3,5 А. **3.988.** 210 В; 210 В; 1,8 А. **3.989.** 141 В. **3.990.** 2 Ом, 4 Ом. **3.991.** 105 В. **3.992.** 5 Ом; 10 А. **3.993.** 1,33 А; ≈ 3,6 МДж.

$$\mathbf{3.995.} \quad d = 2 \sqrt{\frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\rho_c P}{\rho_{\text{пл}} g R}}} = 2,4 \text{ мм.} \quad \mathbf{3.996.} \quad 197 \text{ Ом.} \quad \mathbf{3.997.} \quad E = \frac{\rho I}{\pi r^2} = 0,04 \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

$$\mathbf{3.998.} \quad n = \frac{U}{e v \rho l} = 5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}. \quad \mathbf{3.999.} \quad R = \rho \frac{16m}{\pi^2 d^4 \rho_{\text{ж}}} = 1,8 \text{ МОм.} \quad \mathbf{3.1000.} \quad N = \frac{R d^2}{8 \rho r} = 200.$$

$$\mathbf{3.1001.} \quad l = \frac{4m}{\pi d^2 \rho_{\text{м}}} = 505 \text{ м.} \quad \mathbf{3.1002.} \quad j = Ne / St = 1 \text{ А/мм}^2. \quad \mathbf{3.1003.} \quad 21 \text{ Ом.}$$

$$\mathbf{3.1004.} \quad \alpha = \frac{R_1 \alpha_1 + R_2 \alpha_2}{R_1 + R_2} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}. \quad \mathbf{3.1005.} \quad 12 \text{ кОм.} \quad \mathbf{3.1006.} \quad 2 \text{ В; } 0,1 \text{ Ом.}$$

$$\mathbf{3.1007.} \quad r = \frac{\varepsilon - U}{I} = 0,5 \text{ Ом.} \quad \mathbf{3.1008.} \quad 100 \text{ м.} \quad \mathbf{3.1009.} \quad Q = \frac{U^2}{2} (C_{\text{общ}} - C_1) = 0,01 \text{ Дж.}$$

Уровень В

$$\mathbf{3.1010.} \quad 3 \cdot 10^{21} \text{ электронов.} \quad \mathbf{3.1011.} \quad \langle v \rangle = \frac{MI}{N_A \rho e S} = 7,4 \text{ мкм/с.} \quad \mathbf{3.1012.} \quad U = \pi D N \rho j = 10^7 \text{ А/м}^2.$$

$$\mathbf{3.1013.} \quad m = \frac{m_e j S t}{e} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ кг.} \quad \mathbf{3.1014.} \quad \Delta R = R_2 - R_1 = \rho_0 \frac{l}{S} (1 + \alpha t_2 - 1 - \alpha t_1) = \rho_0 \frac{l}{S} \alpha (t_2 - t_1) = 382 \text{ Ом.}$$

$$\mathbf{3.1015.} \quad 3,18 \cdot 10^{-8} \text{ А.} \quad \mathbf{3.1016.} \quad 2 \text{ В.} \quad \mathbf{3.1017.} \quad \varepsilon = I_1 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \left(\frac{R_3 (R_1 + R_2)^2}{R_1 (R_1 + R_2 + R_3) + R_2 R_3} + r \right) = 1,3 \text{ В.}$$

$$\mathbf{3.1018.} \quad U_2 = -\frac{U_3}{2} + \sqrt{\frac{U_3}{4} (5U_3 + 4U_1)} \approx 8,6 \text{ В.} \quad \mathbf{3.1019.} \quad R_{\text{ш}} = 3 \text{ Ом.} \quad \mathbf{3.1020.} \quad W = \frac{2C\varepsilon^2 R^2}{(6R + r)^2}.$$

3.1021. Обозначим сопротивление вольтметра символом r . Токи через сопротивление R в схемах 1 и 2 равны: $I_1 = \frac{U_0}{R + 2r}$, $I_2 = \frac{U_0}{R + r/2}$. По условию: $U = I_1 r = \frac{1}{2} I_2 r$, откуда $r = R$ и $U_0 = 3U = 30 \text{ В}$.

$$\mathbf{3.1022.} \quad I_{\text{к.з.}} = \frac{\varepsilon}{\frac{\varepsilon}{I} - R} = 0,4 \text{ А.} \quad \mathbf{3.1023.} \quad 4 \text{ А.}$$

3.4.4. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля–Ленца.

Качественные и графические задачи

3.1024. $Q \sim \rho$. **3.1025.** Вторая, в 2,5 раза. **3.1026.** Лампочка с меньшим сопротивлением потребляет в 1,5 раза больше. **3.1027.** В 1,25 раза. **3.1028.** В железной, так как при прочих равных условиях (длина, сечение) она имеет большее сопротивление. **3.1029.** В коротком. **3.1030.** Увеличилось в со-

ответствии с формулой $Q = (U^2/R) \cdot t$. **3.1031.** 2 А. **3.1032.** Вертикально расположенная спираль все время находится в потоке восходящего нагретого воздуха, что способствует ее нагреванию до более высокой температуры.

Тестовые задания

3.1034.	1
3.1035.	1
3.1036.	2
3.1037.	1

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1038. 118 Ом. **3.1039.** 6 Ом. **3.1040.** 300 кДж. **3.1041.** 80%. **3.1042.** 8,6 А. **3.1043.** При параллельном 12,5 мин; последовательном 50 мин. **3.1044.** $1,5 \cdot 10^3$ Дж/(м³с). **3.1045.** $I_1 = 4$ А, $R_1 = 0,5$ Ом; $I_2 = 2$ А, $R_2 = 2$ Ом.

Уровень В

3.1046. Увеличится на 0,4%. **3.1047.** 69 м. **3.1048.** $\Delta P = \frac{8 P^2 \rho l}{\pi \epsilon^2 d^2} = 120$ Вт.

3.1049. $l = \frac{\eta U^2 S \tau}{\rho m [c (t_2 - t_1) + r]} = 4,5$ м.

3.4.5. Электрический ток в различных средах

Качественные и графические задачи

3.1050. Для свечения газа в неоновой лампе нужно создать в ней электрическое поле. В результате трения на стеклянном баллоне неоновой лампы возникают электрические заряды, поле которых вызывает кратковременное свечение лампы.

3.1051. При включении нагревателя ток в проводах резко возрастает. При этом возрастает падение напряжения на проводах, а из-за этого уменьшается напряжение на лампочках. Затем при повышении температуры нагревателя его сопротивление увеличивается. Так как при увеличении сопротивления ток в цепи уменьшается, напряжение на лампочках увеличивается, хотя и не достигает первоначальной величины.

3.1052. На поверхности металла всегда имеются неровности. В случае изменения направления тока образовавшийся слой металла становится анодом и начинает растворяться. Выступы растворяются быстрее других участков, потому что поверхностная плотность заряда больше, чем у гладких участков впадин. В результате поверхность металла становится более гладкой.

3.1053. Горение дуги поддерживается за счет термоэлектронной эмиссии с раскаленного катода. Поэтому охлаждение катода прекратит дуговой разряд; охлаждение же анода на характер разряда не повлияет.

3.1054. Во втором в 9 раз больше. **3.1055.** 2. **3.1056.** 3. **3.1057.** Одинаково; в первой больше чем во второй.

Тестовые задания

3.1058.	3
3.1059.	1
3.1060.	2
3.1061.	2
3.1062.	1
3.1063.	1
3.1064.	2
3.1065.	1
3.1066.	4
3.1067.	1
3.1068.	4

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

$$3.1069. 2 \cdot 10^{18}. \quad 3.1070. v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ В}. \quad 3.1071. \approx 10,7 \text{ А}. \quad 3.1072. t = d \sqrt{\frac{2}{eU/m}}.$$

$$3.1073. m = kA / U.$$

Уровень В

$$3.1074. \approx 15 \text{ ч}. \quad 3.1075. y = \frac{e}{m} \cdot \frac{Ul}{v_0^2 d} \left(L + \frac{1}{2} \right). \quad 3.1076. E = \varepsilon_1 / e l$$

3.4.6. Магнитное поле

Качественные и графические задачи

3.1077. Как только по пружине пойдет ток, соседние витки притянутся, в результате чего пружина сомкнется. Если ток достаточно велик, нижний конец пружины выйдет из ртути и цепь разомкнется. Притяжение витков исчезнет, пружина расправится, замыкая цепь, и весь процесс повторится. Таким образом, в системе возникнут автоколебания. Если же нижний конец пружины при пропускании тока не выходит из ртути, то колебания не возникнут. **3.1078.** Такое, чтобы силовые линии ее магнитного поля совпали с силовыми линиями поля постоянного магнита, т.е. перпендикулярно плоскости чертежа, причем к наблюдателю повернется сторона CD. **3.1080.** С помощью магнита. **3.1081.** Разломить пилку пополам и посмотреть, будут ли ее половинки притягивать друг друга. Если пилка была намагничена, то каждая из ее половинок тоже будет магнитом, имеющим северный и южный полюсы; эти два магнита будут взаимодействовать друг с другом. **3.1082.** 2. **3.1083.** К нам. **3.1084.** 2. **3.1085.** 1. **3.1086.** 1.

Тестовые задания

3.1087.	3
3.1088.	2
3.1089.	1
3.1090.	4
3.1091.	A2; B4; B3.
3.1092.	A3; B1; B4.
3.1093.	1
3.1094.	2
3.1095.	2
3.1096.	4
3.1097.	4
3.1098.	1
3.1099.	1
3.1100.	4
3.1101.	4
3.1102.	3

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

$$3.1103. 25 \text{ см}. \quad 3.1105. 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}. \quad 3.1106. \approx 17 \cdot 10^6 \text{ эВ}.$$

$$3.1107. F = qB \sqrt{\frac{2W}{m}} = 4,96 \cdot 10^{-15} \text{ Н}; \quad R = \frac{2W}{F} = 3,2 \text{ см}; \quad T = \frac{2\pi R \sqrt{m}}{\sqrt{2W}} \approx 1,3 \text{ мкс}.$$

$$3.1108. P = B e R = 1,3 \cdot 10^{-21} \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad W_k = \frac{(B e R)^2}{2m} = 5 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}.$$

$$3.1109. 0; 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}. \quad 3.1111. B = 0,5 \mu_0 \mu \sqrt{\left(\frac{I_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{I_2}{R_2}\right)^2} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}.$$

$$3.1112. R = \frac{\sqrt{2Um}}{\sqrt{e} B} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \quad T = \frac{2\pi m}{e B} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ с}.$$

$$3.1113. R = \frac{\sqrt{2m e U}}{e B} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \quad v = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{e}{m} B = 4,21 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{с}}.$$

$$3.1114. R = \frac{m v \sin \alpha}{e B} = 1 \text{ см}; \quad h = \frac{2\pi R v \cos \alpha}{v \sin \alpha} = 2\pi R \operatorname{ctg} \alpha = 0,108 \text{ м}.$$

$$3.1115. B = \frac{m v}{e r} - \frac{k q}{r^2 v}. \quad 3.1116. v_{\text{др}} = \frac{2 R}{2 t_1 + t_2} = \frac{2 \sqrt{2 q e E}}{2 B \sqrt{2 q e + \pi \sqrt{m E}}}$$

3.4.7. Электромагнитная индукция

Качественные и графические задачи

3.1117. Если железный стержень не обладает ни каким остаточным магнетизмом, то движение этого стержня сквозь медное кольцо ни какого влияния на медное кольцо оказывать не будет. В случае движения магнита в кольце возникает индукционный ток согласно закону Ленца, который взаимодействуя с магнитом будет препятствовать его движению, а следовательно, магнит в свою очередь будет с такой же силой действовать на кольцо. Поэтому движение магнита будет отклонять кольцо от первоначального вертикального положения. **3.1118.** При замыкании цепи ток в катушке А по часовой, индукционный ток в контуре В – против часовой. При размыкании цепи – индукционный ток в контуре В по часовой. Если реостат вправо – сопротивление увеличивается, следовательно, сила тока уменьшается. Индукционный ток в контуре В по часовой стреле. Если реостат влево – индукционный ток в контуре В направлен против часовой стрелки. **3.1120.** При падении магнита сквозь металлическое кольцо в нем возникает э.д.с. индукции и по кольцу течет индукционный ток. Взаимодействие магнитных полей этого тока и падающего магнита по закону Ленца таково, что препятствует движению магнита, вызывающему э.д.с. индукции. Поэтому падение магнита сквозь металлическое кольцо будет происходить с ускорением, меньшим, чем ускорение свободного падения.

3.1127. 2

Тестовые задания

3.1128.	3
3.1129.	2
3.1130.	3
3.1131.	3
3.1132.	3
3.1133.	4
3.1134.	4
3.1135.	1
3.1136.	1
3.1137.	2
3.1138.	3
3.1139.	1

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1140. 0,2 Гн. **3.1141.** 5 В. **3.1142.** $4,87 \cdot 10^{-2}$ Тл. **3.1143.** 0,4 Гн.

Уровень В

$$3.1144. \quad 10^{-4} \text{ Кл.} \quad 3.1145. \quad 0,1 \text{ Кл.} \quad 3.1146. \quad 1 \text{ м/с.} \quad 3.1147. \quad q = \frac{B l^2}{16R} = 6,25 \text{ Кл.}$$

$$3.1148. \quad t = \frac{Q R}{(\pi r^2 \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \cos \alpha)^2} = 9 \text{ с.} \quad 3.1149. \quad 18 \cdot 10^{-3} \text{ В.} \quad 3.1150. \quad \varepsilon = -33 \cos 100\pi t; \quad W = 0,26 \sin^2 100\pi t.$$

$$3.1151. \quad N = \frac{4L d_{\text{пр}}}{\mu_0 \pi d_{\text{кат}}^2} = 380 \text{ витков.}$$

3.4.8. Электромагнитные колебания и волны. Переменный ток

Качественные и графические задачи

3.1152. Не могут. **3.1153.** Равна нулю. **3.1154.** В конденсаторе и катушке; в катушке; в конденсаторе; в катушке. **3.1155.** 0,2 В; 1,6 с; $1,25\pi$; $\varepsilon = 0,2 \cos 1,25\pi t$; 0,14 В. **3.1156.** 2 А; $4 \cdot 10^{-2}$ с; $0,25 \cdot 10^2$ Гц; $i = 2 \sin 50\pi t$; 1,41 А. **3.1157.** 10 В; $0,8 \cdot 10^{-2}$ с; $1,25 \cdot 10^2$ Гц; $u = 10 \cdot \cos 250\pi t$; 7,14 В. **3.1158.** В первом случае – уменьшится. Во втором – увеличится. **3.1159.** Нет, т.к. трансформатор выйдет из строя. Резко повысится температура и выйдет из строя изоляция. **3.1160.** В результате замыкания происходит резкое повышение температуры, что приводит к дальнейшему нарушению межвитковой изоляции. **3.1161.** $X_L = \omega L$, т.к. $\omega = 0$, то $X_L = 0$. **3.1162.** $X_C = \frac{1}{\omega C}$, т.к. $\omega = 0$, то $X_C \Rightarrow \infty$. **3.1163.** 1

Тестовые задания

3.1164.	1
3.1165.	3
3.1166.	4
3.1167.	2
3.1168.	3
3.1169.	3
3.1170.	2
3.1171.	4

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1172. а) Уменьшилась в 2 раза; б) уменьшилась в два раза; в) уменьшилась в 4 раза. **3.1173.** 20 В. **3.1174.** 0,1 А. **3.1175.** $i = -0,01\pi \sin 10^4 \pi t$; 0,2 мс; 5 кГц; 1 мкКл; 31,4 мА. **3.1176.** $q = 8 \cdot 10^{-6} \cos 10^5 \pi t$; $u = 20 \cos 10^5 \pi t$; $i = -2,5 \sin 10^5 \pi t$; 20 В; 2,5 А; 25 мкГн. **3.1177.** 2,25 мкс. **3.1178.** 5,1 мкГн. **3.1179.** Уменьшится в 1,25 раза. **3.1180.** 0,01 мкФ. **3.1181.** $4,1 \cdot 10^{-5}$ Ф. **3.1182.** 0,35 Гн. **3.1183.** 1,6 мкФ. **3.1184.** 2520; в первой сечение больше. **3.1185.** 180 В.

3.1186. 10^5 м. **3.1187.** 750. **3.1188.** 0,066 Вт/м². **3.1189.** $\lambda = 2\pi c \sqrt{\frac{\varepsilon \Delta t}{\Delta I}} = 5,83$ км. **3.1190.** 28,8 м.

3.1191. $\varepsilon = \frac{\lambda^2 d}{4\pi^2 L \varepsilon_0 S C^2} = 6$. **3.1192.** 0,2 мс; 10,14 мГн; $i = -0,157 \sin 10^4 \pi t$; 60 км. **3.1193.** 25 нс.

3.1194. 100 витков. **3.1195.** 0,15 А; 15 В; 24 В; 240 В; 20 мкФ; 2,2 А; 1,6. **3.1197.** 12,5 кВ.

3.1198. 1200 м. **3.1199.** $2,5 \cdot 10^{-7}$ Вт/м². **3.1200.** $E_m = \sqrt{\frac{P}{\varepsilon_0 \varepsilon c S}} = 4 \frac{B}{m}$. **3.1201.** 7,2 Ом. **3.1202.**

≈ 150 м². Таковую ЛЭП строить не разумно. **3.1203.** $v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = 2,12 \cdot 10^8$ м/с. В бегу-

щей электромагнитной волне мгновенные значения E и H в любой точке связаны соотношением $\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H$. Тогда для амплитуд напряженностей электрического и магнитного полей электромагнитной волны $\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E_0 = \sqrt{\mu_0 \mu} H_0$, откуда искомая амплитуда напряженности магнитного поля

электромагнитной волны $H_0 = \frac{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon}}{\sqrt{\mu_0 \mu}} E_0 = 45$ мА/м. **3.1204.** $p = \langle \omega \rangle$, $\omega = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$.

$\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H \Rightarrow \omega = \varepsilon_0 \varepsilon E^2$, $E = E_0 \cos(\omega t - kx)$, $\omega = \varepsilon_0 \varepsilon E_0^2 \cos^2(\omega t - kx)$, $\langle \omega \rangle = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E_0^2$, т.к.

$\langle \cos^2(\omega t - kx) \rangle = \frac{1}{2}$. $\langle \omega \rangle = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E_0^2$, при $\varepsilon = 1$. $p = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 = 39,8$ нПа.

3.5. Оптика

3.5.1. Законы геометрической оптики

Качественные и графические задачи

3.1205. Наклоняя палку под разными углами к направлению световых лучей.

3.1206. Может, если тень образуется на стене, параллельно которой бежит человек, а источник света движется быстрее человека в том же направлении, что и человек.

- 3.1207. Бумага имеет волокнистое строение и большое количество пор. Падающий на нее свет сильно рассеивается и прочесть текст, написанный на обратной стороне, невозможно. Масло, заполняя поры, уменьшает рассеяние света, и он проходит через бумагу без значительных отклонений, поэтому текст легко прочесть.
- 3.1208. Снег или туман непрозрачны, потому что свет, благодаря многократному преломлению и отражению в кристалликах снега или капельках тумана, рассеивается.
- 3.1209. На угол 2α .
- 3.1210. Можно находясь вблизи экватора.
- 3.1211. Если на зеркало падает сходящийся пучок света.
- 3.1212. Колеблущуюся поверхность воды можно рассматривать как совокупность вогнутых и выпуклых зеркал, дающих разнообразные изображения.
- 3.1213. Со скоростью 2 м/с.
- 3.1215. Вследствие рассеяния света мелкими капельками воды.
- 3.1216. Для того чтобы видеть себя в зеркале в полный рост, необходимо, чтобы высота зеркала была не меньше половины роста человека.
- 3.1218. При освещении дороги фарами неровности дороги дают тени, хорошо заметные издали.
- 3.1219. Изображение рыбы в воде мнимое, приподнятое к поверхности. Поэтому целиться острой следует так, чтобы между рыбой и острием был просвет.
- 3.1221. На границе сред воздух – вода свет частично отражается, частично преломляется.
- 3.1222. Конвекционные потоки различно нагретого воздуха вызывают колебания луча света, идущего от звезды.
- 3.1223. Луч в атмосфере искривляется, видимое положение светила не совпадает с действительным положением светила (атмосферная рефракция).
- 3.1224. Матовый баллон, не изменяя величины светового потока, уменьшает яркость нити накала лампочки.
- 3.1225. Изображение свечи получается при отражении лучей света от задней (посеребренной) и от передней граней стекла. Кроме того, многократное отражение от обеих граней лучей, идущих внутри стекла, создает ряд дополнительных изображений свечи.
- 3.1226. Лучи остаются параллельными.
- 3.1227. Вспышка молнии длится всего около 0,001 с, в течение которых глаз не реагирует на изменение положения движущихся предметов, а продолжает сохранять первоначально возникшее зрительное впечатление.
- 3.1228. Число изображений светящейся точки будет бесконечным. Первое изображение S_1 точки S в Z_1 дает изображение S_2 в зеркале Z_2 ; в свою очередь S_2 отражается в зеркале Z_1 и т.д. (рис. 16). Такую же последовательность изображений даст отражение точки S в зеркале Z_2 . Однако при каждом последующем отражении яркость изображения ослабляется, поэтому число изображений будет конечным.
- 3.1229. Плотность и показатель преломления горячего воздуха меньше, чем холодного. Проходя через неоднородную среду, свет испытывает отклонение от первоначального направления распространения вследствие преломления на флуктуациях плотности воздуха. Поэтому предметы по другую сторону костра кажутся колеблющимися.
- 3.1230. Явлением полного отражения.
- 3.1231. Луч должен падать по нормали к поверхности раздела сред.
- 3.1232. Два плоских зеркала нужно расположить под прямым углом (рис. 17). Тогда $\alpha + \delta = \beta + \gamma = 90^\circ$, $\Rightarrow \varepsilon + \theta = 360^\circ - (\alpha + \delta + \beta + \gamma) = 180^\circ$. Нетрудно убедиться, что это условие выполняется при любом угле падения.
- 3.1233. а) зеркало; б) призма.
- 3.1234. Наблюдатель увидит солнечные лучи приблизительно через 1,3 с – время необходимое свету для преодоления расстояния от Луны до глаза наблюдателя.

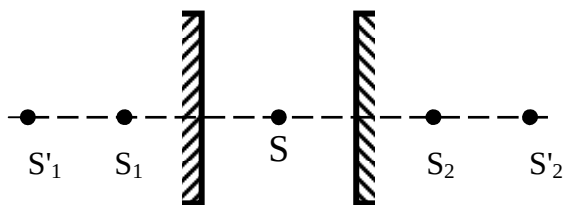


Рис. 16. К задаче 3.1228

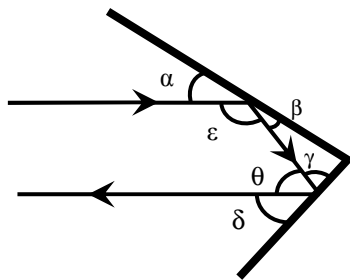


Рис. 17. К задаче 3.1232

- 3.1235.** Потому, что отражение света от стен всегда больше, чем отражение от прозрачных – пропускающих свет окон.
- 3.1236.** В полной темноте глаза кошки не будут светиться. Это объясняется тем, что они сами не излучают света, а только отражают те лучи, которые в них попадают. В неполной темноте глаза кошки светятся оттого, что они сравнительно слабо преломляют световые лучи, которые отражаются дном глаза, расходящимся пучком и становятся видимы.
- 3.1237.** Т.к. $\sin \beta = 1/1,33 \Rightarrow \beta = 48,8^\circ$. Луч SB испытывает полное внутреннее отражение, а луч SA преломится и выйдет в воздух.
- 3.1238.** Влажный песок кажется темным, потому что отражение от песка значительно уменьшилось и большая часть света проходит внутрь, где и поглощается.
- 3.1239.** Нет, не помогут. Выпуклые очки улучшают зрение, поскольку они увеличивают оптическую силу глаза, находящегося в воде. Если лицо закрыть маской, то очки не будут увеличивать оптическую силу глаза, поскольку окажутся в воздухе.
- 3.1240.** Для построения графика используем $n = \frac{\sqrt{2}}{2 \sin \beta}$. Для построения графика используем $n = \frac{\sqrt{2}}{2 \sin \beta}$.

Тестовые задания

3.1241.	2
3.1242.	3
3.1243.	1
3.1244.	3
3.1245.	1
3.1246.	2
3.1247.	1
3.1248.	3
3.1249.	2
3.1250.	2
3.1251.	2
3.1252.	2
3.1253.	3
3.1254.	3
3.1255.	2
3.1256.	4
3.1257.	1
3.1258.	4

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

- 3.1259.** $4,07 \cdot 10^{16}$ м. **3.1260.** $v = \frac{c}{n}$ а) $2,56 \cdot 10^8$ м/с; б) $1,24 \cdot 10^8$ м/с. **3.1261.** В спирте в 1,2 раза больше.
- 3.1262.** 1,47. **3.1263.** 60° . **3.1264.** $22,5^\circ$. **3.1265.** 7,5 см; 1,5 см. **3.1266.** 25° . **3.1267.** а) 41° б) 49° в) 61° . **3.1268.** $2,02 \cdot 10^8$ м/с. **3.1269.** $S = \frac{h}{\lg \varphi} = 17,3$ см. **3.1270.** $h = H \frac{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)} = 40$ м. **3.1271.** $\nu = 2\omega l$.
- 3.1272.** 2. **3.1273.** 13,3 см; 26,6 см. **3.1274.** 57° . **3.1275.** 2,5 см. **3.1276.** $\varphi = \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{1}{n}\right) = 48^\circ$.
- 3.1277.** 7,5 см. **3.1278.** $6,2^\circ$. **3.1279.** 1,84 см. **3.1280.** 1,1 см. **3.1281.** $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = 1,41$.
- 3.1282.** $9,7 \cdot 10^{-3}$ м. **3.1283.** 1,59 мм; 1,06 мм; 535 мкм.

3.5.2. Линзы. Фотометрия

Качественные и графические задачи

- 3.1284.** Капли воды, оставшиеся на листьях после поливки, играют роль маленьких линз, которые могут фокусировать солнечные лучи, вследствие чего листья могут получить ожоги.
- 3.1285.** Надо получить на стене изображение нити лампы. Та линза, которая при этом будет расположена ближе к стене, имеет большую оптическую силу.
- 3.1286.** Фокусное расстояние увеличивается от увеличения радиусов кривизны и от уменьшения показателя преломления.

- 3.1287.** Закрыв верхнюю половину линзы, мы перекроем часть лучей, но ход остальных не изменится. Поэтому положение и размер изображения не изменятся, однако оно станет менее ярким.
- 3.1288.** Может, если показатель преломления линзы меньше, чем у окружающей среды (воздушная линза в воде или стекле). Отметим, что при данных условиях двояковыпуклая линза будет рассеивающей.
- 3.1289.** Надо положить одну линзу на другую так, чтобы совпали главные оптические оси. Если система линз будет собирать лучи, то оптическая сила собирающей линзы больше, чем рассеивающей; если система линз будет рассеивать лучи, то оптическая сила собирающей линзы меньше, чем рассеивающей. Оптические силы линз одинаковые, если система будет преломлять лучи как плоскопараллельная пластинка.

3.1290. Вторая, четвертая, шестая.

3.1291. Лучи исходящие из точки А, пересекутся, исходящие из точки В – нет.

3.1292. Лампочка должна находиться в оптическом центре зеркала и одновременно в главном фокусе линзы.

3.1293. Для этого необходимо перед двояковогнутой линзой ближе к источнику света поместить собирающую линзу, имеющую подходящее фокусное расстояние.

3.1294. Линзы надо расположить так, чтобы совпали их главные фокусы (рис. 18).

3.1295. $2f$.

3.1296. Фокусное расстояние линзы увеличится, так как относительный показатель преломления вода – стекло меньше, чем показатель преломления воздух – стекло. Если линза находится в воздухе, то $D = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$.

Если линза находится в воде, то

$$1) \cdot D_1 = (n_1 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \text{ Где } D \text{ и } D_1 -$$

оптическая сила линзы в воздухе и воде, а n и n_1 – показатели преломления стекла относительно воздуха и воды. Так как $n > n_1$ то $D > D_1$, а $F < F_1$.

3.1297. Когда человек смотрит без очков, то расстояние от предмета до глаза $d_1 = 16$ см. При рассматривании предмета через очки это расстояние увеличивается до $d_2 = 25$ см, то есть до расстояния наилучшего зрения. Изображение в обоих случаях получается на сетчатке глаза. Запишем для обоих случаев формулу линзы, считая, что оптическая сила глаза с очками равна сумме оптических сил глаза и линзы очков. $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f}$; $\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f}$. Решая эту систему урав-

$$\text{нений, получим } \frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1}; \frac{1}{F} = -2,25 \text{ дптр}.$$

3.1298. В зависимости от выпуклости, меняющейся в ходе аккомодации, оптическая сила хрусталика изменяется от 20 до 30 дптр.

3.1299. При рассматривании близких предметов.

3.1300. При «диафрагмировании» изображение делается более резким.

3.1301. Приближая предмет к глазу, мы увеличиваем угол зрения, а следовательно, получаем возможность лучше различать мелкие детали. Однако расположенный очень близко к глазу предмет хорошо рассмотреть нельзя, так как способность глаза к аккомодации ограничена. Для нормального глаза наиболее благоприятным оказывается расстояние около 25 см (расстояние наилучшего зрения).

3.1302. Линзы собирающие. Дальнозоркость.

3.1303. Очки с цилиндрическими стеклами прописывают людям, которые страдают астигматизмом. При астигматизме происходит искажение изображения предметов на сетчатке: контуры одного направления достаточно резкие (например, горизонтальные), перпендикулярные им контуры имеют нечеткий, размытый характер. Цилиндрическая линза компенсирует недостаток рефракции глаза в соответствующей плоскости.

3.1304. Сетчатка глаза очень чувствительна к восприятию ультрафиолетовых лучей, но они поглощаются хрусталиком и поэтому не достигают сетчатки.

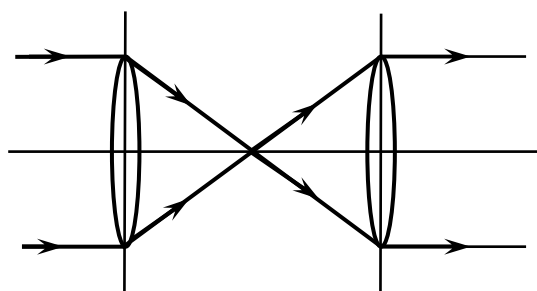


Рис. 18. К задаче 3.1294.

3.1305. Зрачки этих животных могут сильно расширяться, что способствует попаданию в глаз большого количества рассеянных световых лучей. Вследствие этого они могут видеть и в темноте.

3.1306. Преломленный световой поток распределяется на большую площадь.

3.1309. Для построения графика получаем $f = 8/(1-8/d)$.

3.1310. Для построения графика получаем $\Gamma = 1/\left(\frac{d}{10} - 1\right)$.

3.1311. $E = \frac{100h}{(h^2 + 1)^{3/2}}$.

Тестовые задания

3.1312	3
3.1313	4
3.1314	3
3.1315	2
3.1316	2
3.1317	3
3.1318	2
3.1319	3
3.1320	3

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1321. 60 см; 15 см. **3.1322.** 18,7 дптр. **3.1323.** $F_2 = \frac{d_1 d_2 F_1}{d_1 d_2 + F_1(d_1 - d_2)} = 5,45$ см. **3.1324.** 0,1 м; 0,02 м.

3.1325. 20 см; 5 дптр. **3.1326.** Формула собирающей линзы и линейное увеличение предмета имеют вид: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$, $k = \frac{F}{d}$. Тогда согласно условиям задачи имеем $\frac{1}{F} = \frac{1}{4d} + \frac{1}{d}$, $\frac{1}{F} = \frac{1}{2(d+5)} + \frac{1}{d+5}$, откуда

$10 = 0,5 F$ или $F = 20$ см. **3.1327.** $F = \sqrt{l_1 l_2}$; $\Gamma = \sqrt{l_2 / l_1}$. **3.1328.** 2 дптр. **3.1329.** 1,8 м. **3.1330.** Расстояние между двумя положениями линзы равно l , между лампой и экраном – L . Используя формулы линзы, получаем $\frac{1}{L-f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$. Учитывая, что по условию $f_1 - f_2 = l$, получаем $F = \frac{L^2 - l^2}{4 \cdot L}$.

3.1331. 12,5 см. **3.1332.** 0,72 м. **3.1333.** 12,5 раз, 7,5 раз. **3.1334.** 5. **3.1335.** 0,025 м. **3.1336.** Зная угловое увеличение телескопа $\kappa = \frac{\varphi}{\gamma} = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$, определим угол зрения φ , под которым видна Луна в

телескоп: $\varphi \approx 7^\circ 45'$. **3.1337.** $H = \frac{h}{d(D_1 - D_2) - 1} = 0,17$ м. **3.1338.** $D = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d} = -1$ дптр.

3.1339. $D = 2n/R = 6,7$ дптр. **3.1340.** 23 см. **3.1341.** $R_1 = 6$ см, $R_2 = 12$ см. **3.1342.** -0,6 м.

3.1343. 0,43 м. **3.1344.** $d = \frac{d_0}{\Gamma_1} \left(1 + \frac{1}{\Gamma_2}\right) = 5,5$ см. **3.1345.** 1 м; 0,7 м. **3.1346.** В 5,7 раза.

3.1347. В 1,4 раза. **3.1348.** 1,26 клм; 10 клм/м². **3.1349.** 2 клк; 1,4 клк/м²; 446 кд/м². **3.1350.** 30 кд.

3.1351. $h = \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{2} \tan \alpha} = 2,5$ м. **3.1352.** $h = R / \sqrt{2}$. **3.1353.** В точках К и С: 34 лк; в точке D: 36 лк.

3.1354. Освещенность в случае применения линзы оказывается примерно в 8,33 раза больше, чем при ее отсутствии. **3.1355.** Пластика будет освещена максимально, если $\alpha = 30^\circ$; 21 лк. **3.1356.** 80 лк.

3.5.3. Волновые свойства света

Качественные и графические задачи

3.1357. Чтобы получившиеся цветные полосы не накладывались друг на друга.

3.1358. Бумагу нужно осветить красным светом. Белая бумага и красные буквы отражают красный свет и буквы перестают быть видимыми.

3.1359. Размеры неоднородностей на поверхности листа железа велики по сравнению с длиной волны света, но малы по сравнению с длинами радиоволн.

3.1360. Красный, так как при переходе из одной среды в другую частота света не изменяется, а она и определяет цвет лучей.

- 3.1361.** Голубой цвет неба обусловлен рассеянием солнечного света: коротковолновая часть видимого света (фиолетовый, синий, голубой участки спектра) рассеиваются в атмосфере сильнее других частей спектра.
- 3.1362.** На темном фоне мы наблюдаем дым в рассеянном свете, а на фоне светлого неба – в проходящем. Мелкие частицы дыма сильнее всего рассеивают коротковолновую часть солнечного излучения.
- 3.1363.** Свет в тени освещен светом, рассеянным атмосферой.
- 3.1364.** Ближе к перпендикуляру расположится красный луч, дальше остальных – фиолетовый.
- 3.1365.** Радужные оттенки крыльев некоторых насекомых вызываются интерференционными явлениями.
- 3.1366.** а), б) Расстояние между максимумами освещенности увеличивается; в) – уменьшается.
- 3.1367.** Энергия волн при интерференции перераспределяется в пространстве. Если в некоторой области волны гасят друг друга, то в «соседней» области они усиливают друг друга, в результате чего амплитуда результирующей волны в этой области удваивается.
- 3.1368.** Для всех длин волн соблюдается условие максимума освещенности.
- 3.1370.** Вторая.
- 3.1371.** Увеличивается расстояние между максимумами.
- 3.1372.** Так как в воде длина волны уменьшается в n раз, то согласно формуле дифракционной решетки ширина спектральных полос на экране тоже уменьшится.
- 3.1373.** Спектры разных порядков перекрываться не будут.
- 3.1374.** $d(\sin \varphi - \sin \alpha) = k\lambda$, где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$
- 3.1375.** В западной.
- 3.1376.** Радуга возникает вследствие полного отражения и дисперсии лучей в дождевых каплях.
- 3.1378.** Рентгеновские лучи при проникновении через вещество частично поглощаются. Степень поглощения зависит от свойств вещества. Если тело неоднородно, то поглощение неодинаково в разных точках его. Фотопленка, поставленная позади просвечиваемого тела, засвечивается, то есть чернеет больше против тех мест, в которых рентгеновские лучи поглощаются слабее. На этом основана рентгеноскопия.
- 3.1379.** Линейно поляризованный свет не проходит через скрещенный поляроид. Отраженный от воды свет частично поляризован. Если смотреть на воду сквозь поляроид и вращать его, то блики на воде будут видны с разной интенсивностью в зависимости от ориентации поляроида.
- 3.1380.** Поляроид ослабляет частично поляризованный свет, отраженный от поверхности воды. Поверхность дает меньше бликов и не слепит глаза наблюдателю.
- 3.1381.** Из графика видно, что $T = 2 \cdot 10^{-15} \text{ с}$, т.к. $v = 1/T$, то $v = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$; $\lambda = c/v = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.
- 3.1382.** $0,6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$.
- 3.1384.** Лучи красного цвета имеют большую длину волны по сравнению с лучами других цветов, входящих в состав спектра. Лучи с большей длиной волны меньше задерживаются атмосферой и находящимися в ней пылинками, водяным паром и т.д., поэтому ни лучше видны изда- лека.

Тестовые задания

3.1385.	3
3.1386.	4
3.1387.	4
3.1388.	3
3.1389.	2
3.1390.	1
3.1391.	2
3.1392.	3
3.1393.	4
3.1394.	3
3.1395.	3
3.1396.	3
3.1397.	1
3.1398.	4
3.1399.	3
3.1400.	2

3.1401.	3
3.1402.	1
3.1403.	1

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1404. $v = \frac{c\Delta\lambda}{2\lambda} = 2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$. 3.1405. $\Delta r/0,5r = 3000$. Максимум. 3.1406. $\Delta r/0,5r = 4000$. Максимум.

3.1407. $k=4000$, усиление света. 3.1408. $6,75 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. 3.1409. $6,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. 3.1410. 275. 3.1411. 480 нм. 3.1412. 30° . 3.1413. 30° . 3.1414. 250 мм^{-1} . 3.1415. $1,6^\circ$. 3.1416. $0,58 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. 3.1417. $24^\circ 20'$.

3.1418. $\Delta x = \frac{kNL}{l}(\lambda_2 - \lambda_1)$. 3.1419. 13. 3.1420. $k=3$; $\varphi = 16,6^\circ$. 3.1421. 30° . 3.1422. 3. 3.1423. 5λ ;

11. 3.1424. $\varphi_2 = \arcsin\left(\frac{k_2\lambda_2}{k_1\lambda_1} \sin \varphi_1\right) = 4,1^\circ$. 3.1425. Из условия максимума $(a + b) \sin \varphi = k\lambda$ ($a + b$ – постоянная дифракционной решетки, φ – угол, под которым наблюдается максимум, k – порядок спектра) определяем постоянную решетки: $a + b = \frac{k\lambda}{\sin \varphi}$; $a + b \approx 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ см}$. 3.1426. $\lambda_2 = 500,02 \text{ нм}$.

$l = \frac{\lambda_1 l_1}{kN_1(\lambda_2 - \lambda_1)} = 0,03 \text{ м}$. 3.1427. 981. 3.1428. $\Delta r/0,5r = 4000$. Максимум. 3.1429. $h = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{4n(\lambda_1 - \lambda_2)}$.

3.1430. $A = 2l\lambda/a = 0,05 \text{ м}$. 3.1431. $d = 4,95 \cdot 10^{-6} \text{ м}$; $N/l = 2,02 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$; $m = 13$; $\varphi_{\max} = 65^\circ$.

3.1432. $\Delta x = \frac{kNL}{l}(\lambda_2 - \lambda_1) = 5,8 \text{ мм}$. 3.1433. $\lambda_4 = \frac{k_3}{k_4} \lambda_3 = 585 \text{ нм}$. 3.1434. Постоянная дифракционной

решетки будет одинакова для обеих линий: $(a+b) \sin \varphi_1 = k_1 \lambda_1$; $(a+b) \sin \varphi_2 = k_2 \lambda_2$, отку-

да $\frac{k_1 \lambda_1}{\sin \varphi_1} = \frac{k_2 \lambda_2}{\sin \varphi_2}$; $\lambda_2 = \frac{k_1 \lambda_1 \sin \varphi_2}{k_2 \sin \varphi_1}$; $\lambda_2 = 4,07 \cdot 10^{-6} \text{ см}$. Число штрихов, приходящееся на 1 см, $n = \frac{1}{a+b}$

или $n = \frac{\sin \varphi_1}{k_1 \lambda_1}$; $n \approx 5000 \text{ см}^{-1}$. 3.1435. 7. 3.1436. 1,5. 3.1437. 1,43. 3.1438. 1,73. 3.1439. $57,5^\circ$.

3.1440. $36^\circ 56'$. 3.1441. $54,7^\circ$. 3.1442. 37° . 3.1443. 1,73.

3.6. Элементы квантовой, атомной и ядерной физики

3.6.1. Тепловое излучение. Фотоэффект. Квантовые свойства света

Качественные и графические задачи

3.1444. Для заряда цинковой пластины положительным зарядом достаточно одной электрической дуги. Поглощение квантов ультрафиолетового излучения вызовет фотоэффект – испускание электронов цинковой пластиной. Однако этот процесс будет замедляться по мере увеличения напряженности электрического поля, создаваемого положительными зарядами пластинки. Чтобы продолжить процесс зарядки, к пластинке надо поднести стеклянную палочку, натертую о лист бумаги. Положительно заряженная палочка станет притягивать выбиваемые электроны, а пластинка увеличит положительный заряд.

3.1445. Так как для цинка работа выхода равна 4,2 эВ, то минимальная энергия квантов, вызывающих фотоэффект, также равна 4,2 эВ.

3.1446. Красная граница фотоэффекта для цинка составляет 295 нм. Значит более длинноволновое излучение (в том числе 450 нм) не вызовет фотоэффект.

3.1447. Уравнение Эйнштейна написано для одного поглощаемого кванта. Не каждый квант света, падающего на поверхность металла, обладает достаточной энергией для совершения работы выхода и сообщения электрону кинетической энергии. Поэтому говорить об энергии света в целом нельзя.

3.1448. Вода в сосуде поглощает всю энергию ультрафиолетовых лучей.

3.1449. Сила, с которой свет давит на поверхность, равна изменению импульса падающих фотонов в единицу времени. От идеально белой поверхности фотоны упруго отражаются и передают ее удвоенный собственный импульс. Идеально черной поверхностью фотоны поглощаются. В этом случае передается только их собственный импульс. Таким образом, давление света на белую поверхность в два раза больше, чем на черную.

3.1450. Сила давления света прямо пропорциональна освещенности и площади освещаемой поверхности тела. Если считать Солнце

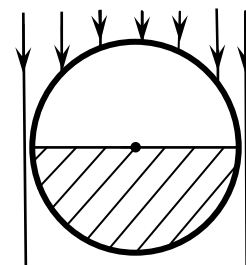


Рис. 19. К задаче 3.1452

точечным источником света, то освещенность будет обратно пропорциональна квадрату расстояния от Солнца до освещаемого тела. Так как площадь поверхности тела остается постоянной, то сила давления будет обратно пропорциональна квадрату расстояния между Солнцем и телом.

$$3.1451. \quad v = \sqrt{\frac{2}{m_e} \left(h \frac{c}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right)} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(6,63 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{\lambda} - 3,76 \cdot 10^{-19} \right) \frac{\text{М}}{\text{с}}}.$$

3.1452. Поворот цилиндра зависит от момента силы светового давления. На рисунке 19 показано положение устойчивого равновесия.

3.1453. 4,5 эВ. 3.1454. 3,7 эВ. 3.1455. $1 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Тестовые задания

3.1456.	1
3.1457.	4
3.1458.	2
3.1459.	3
3.1460.	1
3.1461.	3
3.1462.	3
3.1463.	2
3.1464.	1
3.1465.	3
3.1466.	1
3.1467.	4
3.1468.	1
3.1469.	3
3.1470.	4
3.1471.	3
3.1472.	2
3.1473.	1
3.1474.	3
3.1475.	3
3.1476.	2
3.1477.	1
3.1478.	1
3.1479.	4
3.1480.	1

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

$$3.1481. \quad \Delta m = \frac{4\pi R_c \sigma T^4 \tau}{c^2} = 1,37 \cdot 10^{17} \text{ кг}; \quad \tau = \frac{M_c c^2}{8\pi R_c^2 \sigma T^4} \approx 7,05 \cdot 10^{12} \text{ лет.} \quad 3.1482. \quad 3,2 \cdot 10^{-26} \text{ кг}; \quad 8,8 \cdot 10^{-22} \text{ кг};$$

$$1,8 \cdot 10^{-30} \text{ кг.} \quad 3.1483. \quad 1,15 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}; \quad 1,38 \cdot 10^{-30} \text{ кг}; \quad 4,1 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с.} \quad 3.1484. \quad v = \sqrt{\frac{2h c}{m \lambda}} = 9,2 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

$$3.1485. \quad v = \frac{h}{\lambda m_e} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ м/с.} \quad 3.1486. \quad 81 \cdot 10^{-15} \text{ Дж.} \quad 3.1487. \quad T = \frac{2hc}{5k\lambda} = 9800 \text{ К.}$$

$$3.1488. \quad m = \sqrt{\frac{3kTM}{c^2 N_A}} = 2,1 \cdot 10^{-32} \text{ кг.} \quad 3.1489. \quad 4,4 \text{ эВ.} \quad 3.1490. \quad 564 \text{ нм.} \quad 3.1491. \quad 7,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

$$3.1492. \quad 94,3 \text{ нм.} \quad 3.1493. \quad n = \frac{ch}{\epsilon \lambda}. \quad 3.1494. \quad U = \frac{hc / \lambda - A}{e} = 1,75 \text{ В.} \quad 3.1495. \quad 204 \text{ нм}; \quad 234 \text{ нм.} \quad 3.1496. \quad 1,5 \text{ эВ.}$$

$$3.1497. \quad 4,7 \text{ эВ.} \quad 3.1498. \quad 7,9 \text{ В.} \quad 3.1499. \quad h \frac{c}{\lambda} = h\nu_{\text{кр}} + \frac{mv_m^2}{2}; \quad A = qEd; \quad A = \Delta E_k;$$

$$qEd = \frac{m(2v_m)^2}{2} - \frac{mv_m^2}{2} = \frac{3mv_m^2}{2}; \quad qEd = 3\left(h \frac{c}{\lambda} - h\nu_{\text{кр}}\right); \quad E = \frac{3h(c - \lambda\nu_{\text{кр}})}{qd\lambda} = 455 \text{ В/м.}$$

$$3.1500. \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}; F_{\pi} = e\mathcal{B}; e\mathcal{B} = m \frac{v^2}{R}; m \frac{v^2}{R} = \frac{(e\mathcal{B})^2}{2m};$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{e\mathcal{B}}; \mathcal{B} = \frac{\sqrt{2m(hc/\lambda - A)}}{eR}; T = \frac{2\pi mR}{\sqrt{2m(hc/\lambda - A)}} = 6,7 \cdot 10^{-8} \text{ с.}$$

$$3.1501. v = v_0 + \frac{eU}{h} = 1,57 \cdot 10^{15} \text{ Гц. } 3.1502. 1,28 \text{ В. } 3.1503. 1200 \text{ К. } 3.1504. 0,3 \text{ К. } 3.1505. 0,99 \text{ мкм.}$$

$$3.1506. 8,4 \cdot 10^{21}. 3.1507. 41 \text{ кВ.}$$

$$3.1508. \lambda = \lambda_0 + \frac{h}{mc}(1 - \cos \varphi); \lambda_1 = 73,22 \cdot 10^{-12} \text{ м}; \lambda_2 = 75,6 \cdot 10^{-12} \text{ м.}$$

$$3.1509. 1,21 \text{ пм. } 3.1510. 22,43 \text{ пм. } 3.1511. 10 \text{ пм. } 3.1512. 28,8^\circ. 3.1513. 1,65 \cdot 10^{-14} \text{ Дж.}$$

$$3.1514. 1,22 \cdot 10^{-9} \text{ В. } 3.1515. m_e v_{\text{г}} = \frac{h}{2\pi}; \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m_e v^2}{r}; v = \frac{q^2}{2h\epsilon_0}; \lambda = \frac{h}{m_e v} = 3,325 \cdot 10^{-10} \text{ м. } 3.1516. 148 \text{ пм.}$$

$$3.1517. 0,197 \text{ пм. } 3.1518. 1,26 \text{ пм. } 3.1519. \text{ Энергия кванта } E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}. \text{ Из соотношения массы и}$$

энергии определяем массу кванта и его импульс. $m = E/c^2$; $m = \frac{hc}{\lambda c^2} = \frac{h}{\lambda c}$; $p = \frac{h}{\lambda}$. Подставляя числовые

значения для h , c и λ получим $E = 1,24 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$; $m = 1,38 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$; $p = 4,14 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. **3.1520.** Энергия кванта, соответствующего длинноволновой границе фотоэффекта, равна работе выхода электрона: $A = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$, где λ_0 – длинноволновая граница фотоэффекта. По формуле Эйнштейна энергия

кванта, поглощаемая электроном, равна $h\nu_0 = A + W$, где A – работа выхода электрона, W – кинетическая энергия вылетевшего электрона. $W = h\nu - A$, но $A = h\nu_0$, поэтому $W = h(\nu - \nu_0)$. Зная кинетиче-

скую энергию электрона, найдем его скорость вылета. $h(\nu - \nu_0) = \frac{mv^2}{2}$; $v = \sqrt{\frac{2h(\nu - \nu_0)}{m}}$, где m – масса

электрона. Подставляя числовые значения h , c и λ_0 , получим $A = 7,22 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$; $W = 3,77 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$; $v = 0,9 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. **3.1521.** Из соотношения между массой и энергией определяем энергию фотона $E = mc^2$, где t – масса фотона, равная массе электрона. $E = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$. **3.1522.** Из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта определим кинетическую энергию фотоэлектрона в момент вылета из катода:

$$\frac{mv_1^2}{2} = h\nu - A \quad (1) \text{ В промежутке между катодом и анодом под действием сил электрического поля}$$

фотоэлектрон будет двигаться ускоренно. Его кинетическая энергия возрастет на величину:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = eU \quad (2), \text{ где } v - \text{ скорость электрона у анода, } v_1 - \text{ скорость электрона у катода, } U - \text{ при-}$$

ложенное напряжение. Из уравнений (1) и (2) находим конечную скорость электрона

$$v = \sqrt{2 \frac{eU + h\nu - A}{m}}. \text{ Так как } \nu = \frac{c}{\lambda}, \text{ то } v = \sqrt{2 \frac{eU + h \frac{c}{\lambda} - A}{m}}. \quad 3.1523. \text{ Вылетевший при фотоэффекте элект-}$$

рон теряет свою энергию, совершая работу по преодолению сил в поле с задерживающим потенциа-
лом U . На этом основании запишем равенство $\frac{mv^2}{2} = eU = e \cdot U$, тогда формула Эйнштейна примет

$$\text{вид: } h \cdot \nu = A + e \cdot U, \text{ откуда и найдем работу выхода электрона: } A = h\nu - eU; A = \frac{hc}{\lambda} - eU;$$

$A = 8,45 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Зная работу выхода электрона из платины, определим длинноволновую границу фотоэффекта для нее: $\nu_0 = \frac{A}{h}$; $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$; $\lambda_0 = \frac{ch}{A} = \frac{ch}{h\nu - eU}$; $\lambda_0 \approx 2350 \text{ \AA}$. **3.1524.** Чтобы электрон

смог выбить при ударе о платину вторичный электрон, его кинетическая энергия должна быть равна работе выхода электрона из платины или больше ее: $\frac{mv^2}{2} \geq A$. Найдем наименьшую скорость электро-

на, при которой будет выбиваться вторичный электрон из платины: $\frac{mv^2}{2} = A$; $v = \sqrt{\frac{2A}{m}}$; $v \approx 1,26 \cdot 10^5$

м/с. **3.1525.** $n = \frac{\eta N \lambda}{hc} \approx 2,6 \cdot 10^{17}$. **3.1526.** Наибольшее изменение длины волны $\Delta \lambda_{\max}$ в эффекте Комптона имеет место при $\theta = 180^\circ$: $\Delta \lambda_{\max} = \lambda_c (1 - \cos \theta) = \lambda_c (1 + 1) = 2\lambda_c$; $\lambda_c = 1,32 \cdot 10^{-15}$ м; $\Delta \lambda_{\max} = 2,64 \cdot 10^{-15}$ м. **3.1527.** 0,1 МэВ; $1,6 \cdot 10^8$ м/с; 33° ; 58° . **3.1528.** $N = \frac{\rho \lambda S t}{h(1+\rho)} = 9,05 \cdot 10^{19}$.

3.1529. $P = \frac{N(1+\rho)}{4\pi r^2 c} = 11,03$ мкПа. **3.1530.** а) $6,63 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с; б) $1,15 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с.

3.1531. $4,44 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с. **3.1532.** Энергия квантов рентгеновских лучей $E = h\nu = hc/\lambda$. Эту энергию излучает электрон при своем торможении. Она равна $E = eU$, тогда $\lambda = \frac{hc}{eU} = \frac{c}{k}$, где $k = h \frac{c}{eU}$. Выразив

λ миллимикронах, U в киловольтах, получим $\lambda = 1,234/U$ нм. **3.1533.** Ток $I = enSu$, где e – заряд электрона, n – количество электронов в единице объема, S – площадь поперечного сечения потока электронов, u – скорость движения электронов около анода. Скорость движения электронов около анода равна начальной скорости вылета электрона v_0 плюс увеличение скорости в электрическом поле $\Delta v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$, то есть $v = v_0 + \sqrt{\frac{2eU}{m}}$. Зная I , e , S и U , определим количество электронов, находящихся в 1 см^3 $n = \frac{I}{eS \left(v_0 + \sqrt{\frac{2eU}{m}} \right)}$; $n = 2,5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$. **3.1534.** $6,3 \cdot 10^{15}$.

3.1535. $\epsilon' = \frac{\epsilon}{1 + \frac{\epsilon}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)} = 2,55 \cdot 10^{-14}$ Дж; $\lambda' = \frac{hc}{\epsilon'} = 7,8 \cdot 10^{-12}$ м.

3.1536. В задерживающем поле кинетическая энергия электрона, которую он имел при вылете с поверхности металла при поглощении кванта $h\nu$, полностью расходуется на совершение работы против сил электрического взаимодействия: $\frac{mv^2}{2} = eU$. На основании этого запишем формулу Эйнштейна для обоих случаев: $h\nu_1 = A + eU_1$, $h\nu_2 = A + eU_2$, A – работа выхода электрона. Она одинакова в обоих случаях. Решаем систему уравнений относительно h : $h = \frac{e(U_2 - U_1)}{v_2 - v_1}$; $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

3.1537. $v = c \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2}$, если углы θ_1 , θ_2 не равны 0 или π . **3.1538.** 1000 К.

3.1539. $N = 4\pi\sigma T^4 R_C^2 = 3,9 \cdot 10^{26}$ Вт. **3.1540.** В 2 раза. **3.1541.** $\approx 9,35$ мкм. **3.1542.** 290 К.

3.1543. Увеличилась в 10,5 раз. **3.1544.** $P = P_{\text{изл}} - P_{\text{погл}} = A_T \sigma \pi d^2 (T^4 - T_0^4) = 0,107$ Вт.

3.1545. $I = \sqrt{\frac{A_T \sigma (T^4 - T_0^4) \pi^2 d^3}{4\rho}} = 48,8$ А.

3.6.2. Элементы атомной физики

Качественные и графические задачи

3.1547. Спектры Солнца, Луны и планет одинаковы, так как они светят отраженным солнечным светом. Спектры звезд могут отличаться друг от друга.

3.1548. Молекулы красителя поглощают ультрафиолетовый свет и переходят в возбужденное состояние. Далее часть поглощенной энергии диссипирует безизлучательно, а оставшаяся часть излучается в виде световых квантов с энергией меньшей первоначальной энергии возбуждения. Часть энергии возбуждения расходуется на усиление колебательных и вращательных движений атомов в молекулах красителя. Поэтому длина волны флуоресценции всегда больше длины волны возбуждающего света.

3.1549. Отличие между атомами состоит в том, что в атоме, находящемся в возбужденном состоянии, электроны движутся по орбитам, более удаленным от ядра, и обладают большим запасом энергии, чем электроны в атоме, находящемся в нормальном состоянии.

3.1550. Второй. **3.1551.** 204 нм.

Тестовые задания

3.1552.	4
---------	---

3.1553.	1
3.1554.	3
3.1555.	3
3.1556.	4
3.1557.	4
3.1558.	1
3.1559.	4
3.1560.	4
3.1561.	2
3.1562.	4
3.1563.	3
3.1564.	2
3.1565.	3
3.1566.	2
3.1567.	3
3.1568.	4

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1569. 85,3 нм. **3.1570.** На 2,56 эВ. **3.1571.** Увеличится в 9 раз; уменьшится в 4 раза. **3.1572.** В 5,4 раза. **3.1573.** $5,1 \cdot 10^6$ раз. **3.1574.** Протон, влетая в электрическое поле ядра атома алюминия, преодолевает силы электрического взаимодействия, расходуя кинетическую энергию. Протон остановится, когда вся кинетическая энергия будет израсходована. Кинетическая энергия движущегося протона перейдет в потенциальную энергию относительно ядра алюминия, то есть $\frac{mv^2}{2} = \phi$, где

ϕ – потенциал в той точке электрического поля ядра атома алюминия, в которой остановился протон; q – заряд ядра атома алюминия, r – расстояние между центром ядра и остановившимся протоном (ис-

комое расстояние). Заряд ядра атома алюминия $q = Ze$, тогда $\phi = Ze/r$ или $\frac{mv^2}{2} = \frac{Ze^2}{r}$, откуда $r = \frac{2Ze^2}{mv^2}$,

$r = -6,05 \cdot 10^{-14}$ м. **3.1575.** Сила взаимодействия протона с ядром атома натрия $F = \frac{qe}{r^2}$, где q — заряд

ядра атома натрия, равный Ze , тогда $F = \frac{Ze^2}{r^2}$; $F = 0,7$ Н. **3.1576.** Центробежная сила, необходи-

мая для вращения электрона по круговой орбите, создается благодаря силе притяжения между ядром атома и электроном, поэтому $\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{r^2}$, откуда $v = e\sqrt{\frac{1}{mr}}$, $v = 2,3 \cdot 10^6$ м/с. **3.1577.** 16; масса

ядра меди должна быть в 16 раз больше массы α -частицы. **3.1578.** 13,6 эВ; -27,2 эВ; -13,6 эВ.

3.1579. $T = \frac{4\epsilon_0^2 k^3 h^3}{me^4}$, при $k=1$ $T = 1,52 \cdot 10^{-16}$ с. $\omega = \frac{\pi me^4}{2\epsilon_0^2 k^3 h^3}$, при $k=1$ $\omega = 4,13 \cdot 10^{16}$ рад/с.

3.1580. Наибольшая 656 нм; наименьшая 365 нм. **3.1581.** 13,6 эВ. **3.1582.** Увеличилась в 2,25 раза.

3.1583. 2,55 эВ. **3.1584.** 4. **3.1585.** $v = \sqrt{\frac{2(\epsilon - E_i)}{m}} = 1,2$ Мм/с; $E_i = 13,6$ эВ. **3.1586.** $\lambda = \frac{hc}{\epsilon} \approx 6,6 \cdot 10^{-7}$ м.

3.1587. $n = \frac{1}{\sqrt{1 - (\phi_0 - \phi)e / \hbar R}} = 3$. **3.1588.** 3. **3.1589.** $4,7 \cdot 10^4$ К. **3.1590.** $1,3 \cdot 10^{17}$.

3.6.3. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц

Качественные и графические задачи

3.1594. Счетчик Гейгера регистрирует естественную радиоактивность, существующую благодаря естественному радиоактивному фону, складывающемуся из космического излучения и естественной радиоактивности земных элементов (радон, изотопы калия и т.п.).

3.1595. Масса α -частицы примерно в 7000 раз больше массы β -частицы.

3.1597. Энергия α -частиц недостаточна для преодоления сил отталкивания ядра тяжелого элемента и проникновения в него.

3.1598. Длина пробега α -частицы увеличивается с уменьшением плотности воздуха. Поэтому в верхних слоях атмосферы длина пробега будет больше, чем у поверхности Земли.

- 3.1599.** Число нейтронов в ядре атомов радиоактивных элементов значительно превышает число протонов обычных элементов. Например, в ядре изотопа урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ содержится 146 нейтронов и 92 протона.
- 3.1601.** 1 – β , 2 – γ , 3 – α .
- 3.1602.** По правилу левой руки для положительно заряженных частиц ориентируем отогнутый большой палец в направлении действия силы Лоренца, четыре остальных пальца – вдоль траектории γ -квантов. При этом силовые линии магнитного поля должны входить в ладонь. Следовательно, они направлены от наблюдателя за плоскость чертежа.
- 3.1603.** Свинец хорошо поглощает радиоактивное излучение.
- 3.1604.** Кобальтовые пушки – контейнеры с радиоактивным элементом ${}^{60}\text{Co}$ излучают γ -кванты, не потребляя электрической энергии, значительно более компактны и дают излучение с большей проникающей способностью по сравнению с рентгеновской установкой.
- 3.1605.** Три периода полураспада примерно в 1,04 раза больше.
- 3.1606.** Первый.
- 3.1607.** В результате β -распада.
- 3.1608.** В результате α -распада.
- 3.1609.** Осуществляя ядерную реакцию: ${}^{198}_{80}\text{Hg} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{199}_{80}\text{Hg} \rightarrow {}^{198}_{79}\text{Au} + {}^1_1\text{H}$.
- 3.1610.** ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{234}_{90}\text{Th}$; ${}^{209}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{209}_{83}\text{Bi} + {}^0_{-1}\text{e} + {}^0_0\bar{\nu}_e$.
- 3.1611.** На границе бензин – нефть в горючее необходимо ввести радиоактивный препарат, а вблизи необходимого сечения нефтепровода поместить счетчик Гейгера.
- 3.1613.** 150 ч.
- 3.1614.** Элементарными частицами называются частицы, внутреннее строение которых не является простым соединением других частиц. Основным свойством элементарных частиц является их свойство превращаться друг в друга.
- 3.1615.** На рис. 20 изображены схемы атомов гелия и антигелия. Ядро атома гелия состоит из двух протонов и двух нейтронов, а оболочка – из двух электронов. Ядро атома антигелия состоит из двух антипротонов и двух антинейтронов, а оболочка – из двух позитронов.
-
- Рис. 20. К задаче 3.1615
- 3.1616.** Многообразие возникших треков означает, что в результате столкновения произошло появление целого ряда элементарных частиц различных энергий.
- 3.1617.** Вещество и антивещество – это виды материи, существующие как совокупность отдельных мельчайших частиц, между которыми имеются сравнительно большие промежутки, заполненные полями, с помощью которых осуществляются связь и взаимодействие между ними. Вещество состоит из совокупности элементарных частиц: протонов, нейтронов и электронов. Антивещество состоит из совокупности элементарных частиц: антипротонов, антинейтронов и позитронов. Так, например, атом вещества имеет ядро, состоящее из протонов и нейтронов, и ядро из электронов. Атом и антивещества имеет ядро, состоящее из антипротонов и антинейтронов, и оболочку из позитронов.
- 3.1618.** Свободный нейтрон распадается на протон, электрон и антинейтрино $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$.
- 3.1619.** Слабое взаимодействие существует между элементарными частицами как вне, так и внутри атомных ядер наряду с сильным и электромагнитным взаимодействиями. Под действием слабого взаимодействия происходят распад элементарных частиц при их столкновении вне ядер атомов, β -распад в ядрах атомов (радиоактивный распад), образование стабильного нейтрино. Как правило, под действием слабого взаимодействия происходит распад элементарных частиц с образованием из них более устойчивых физических систем, чем до взаимодействия.

- 3.1620.** Взаимное превращение электромагнитного поля в вещество подтверждается на опыте рождение пар электрон – позитрон при поглощении γ -квантов, обладающих энергией, превращающей 1 МэВ. Реакция превращения электромагнитного поля в вещество: $\gamma \rightarrow e^- + e^+$.
- 3.1621.** Гравитационное взаимодействие имеет универсальный характер, т.е. оно существует в любых физических системах элементарных частиц и тел от самых малых, микроскопических размеров до громадных, космических масштабов. Гравитационное взаимодействие не играет существенной роли в процессах микромира, потому что оно значительно меньше слабого и сильного взаимодействий. В макромире гравитационное взаимодействие определяет течение всех процессов: движение и эволюцию Вселенной.
- 3.1622.** Любое атомное ядро, поглотив определенное количество энергии, переходит из нормального состояния в возбужденное, становится неустойчивым и может разделиться на ядра других химических элементов. Минимальное количество энергии, которое необходимо сообщить ядру атома, чтобы вызвать его деление на части, называется барьером деления. Барьер деления для тяжелых ядер сравнительно невелик – порядка 1 МэВ. При захвате ядром изотопа урана-235 свободного нейтрона оно переходит в возбужденное состояние, у него уменьшается удельная энергия связи. Ядро деформируется, возникает «перемычка», и под действием кулоновских сил, превосходящих ядерные силы из-за вытянутой формы ядра, оно делится на части. Следовательно, при захвате нейтрона ядром изотопа урана-235 оно получает энергию, равную или превышающую барьер деления.
- 3.1623.** Для замедления быстрых нейтронов в ядерных реакторах на медленных нейтронах применяются графит, тяжелая вода, обыкновенная вода, бериллий, оксид бериллия, гидраты металлов.
- 3.1624.** Потенциальный барьер создается положительным электрическим полем ядра атома, поэтому он существует только для протонов. Чтобы протон мог слиться с ядром атома, он должен обладать кинетической энергией, превосходящей энергию кулоновского отталкивания. Для электрона и нейтрона не существует потенциального барьера ядра. Слияние электрона с ядром не вызывает никакого изменения внутреннего строения ядра, поэтому захват электрона ядром не может вызвать ядерную реакцию. Слияние нейтрона с ядром вызывает изменение внутреннего строения ядра и изменения энергетического состояния ядра, поэтому захват протона ядром может вызвать ядерную реакцию.
- 3.1625.** Энергия ядерных реакций в атомных реакторах освобождается в виде кинетической энергии осколков ядра и нейтронов, вылетающих в момент реакции из делящегося вещества. Незначительная часть энергии выделяется в виде электромагнитного излучения (γ -кванты).
- 3.1626.** Радиоактивные изотопы получают нейтронным облучением соответствующих химических элементов. Это наиболее широко применяемый метод. Однако их можно получить и при облучении химических элементов α -частицами, протонами, γ -квантами большой энергии. При облучении элементов нейтронами происходит захват нейтрона ядром элемента, оно переходит в возбужденное состояние. Увеличение энергии ядра меньше энергии барьера деления, поэтому деление ядра не происходит, но оно имеет в своем составе лишний нейтрон, что означает образование изотопа. Возбужденные ядра атомов изотопов спустя значительное время переходят в нормальное состояние, испуская β - и γ -излучения.
- 3.1627.** Чтобы возникла цепная ядерная реакция деления тяжелых ядер, необходимо выполнение следующих условий: а) коэффициент размножения нейтронов должен быть $k \geq 1$; б) размеры активной зоны реактора должны быть по объему не меньше критического; в) масса делящегося вещества должна быть не меньше критической. Критический объем активной зоны реактора и критическая масса делящегося вещества – это те предварительные условия, без которых не будет выполняться условие поддержания требуемого коэффициента размножения нейтронов.
- 3.1628.** Преимущество реакторов на быстрых нейтронах в том, что при их работе образуется значительное количество плутония, который затем можно использовать в качестве ядерного топлива. Эти реакторы называют реакторами-размножителями, так как они воспроизводят делящийся материал. Строятся реакторы с коэффициентом воспроизводства до 1,5. В обычных реакторах образуется плутоний, но в значительно меньших количествах (коэффициент производства 0,6 – 0,7).
- 3.1629.** Ядерным горючим в атомных реакторах являются следующие химические элементы: изотопы урана ${}^{233}_{92}\text{U}$, ${}^{235}_{92}\text{U}$, ${}^{238}_{92}\text{U}$, изотоп тория ${}^{232}_{90}\text{Th}$, изотопы плутония ${}^{239}_{94}\text{Pu}$, ${}^{240}_{94}\text{Pu}$, ${}^{241}_{94}\text{Pu}$.
- 3.1630.** Коэффициентом размножения нейтронов называется отношение числа нейтронов, возникших, в некоторый момент цепной реакции, к числу нейтронов, возникших в предшествующий

момент. Необходимое условие возникновения цепной реакции – чтобы коэффициент размножения нейтронов $k \geq 1$, но не больше 1,01. Для стационарного течения цепной реакции $k = 1$.

3.1631. Процесс превращения урана-238 в плутоний -239: 1) ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{239}_{92}\text{U}$. Образовавшийся изотоп урана-239 радиоактивен, его период полураспада равен 23 мин. Распад происходит с испусканием электрона (β -распад) и возникновением изотопа нептуния-239. 2) ${}^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^0_{-1}\text{e}$. Период полураспада изотопа нептуния около 2 сут, период полураспада плутония – порядка – 24000 лет. Ядра изотопа плутония-239 испытывают деление при захвате медленных нейтронов. Поэтому с помощью плутония может быть осуществлена цепная реакция, которая сопровождается выделением ядерной энергии.

3.1632. Ядерный реактор состоит из пяти основных элементов (систем): 1) делящегося вещества; 2) замедлителя быстрых нейтронов (замедлителями нейтронов являются графит, тяжелая вода, обычная вода); 3) отражателя нейтронов. В качестве отражателя нейтронов, окружающего активную зону реактора, применяются те же вещества, что и для замедления нейтронов; 4) системы охлаждения. Она предназначена для отвода из активной зоны реактора тепловой энергии, которая возникает в реакторе в результате перехода кинетической энергии осколков деления ядра при торможении в делящемся веществе и замедлителе; 5) системы безопасности и регулирования. Эта система обеспечивает возможность управления цепной реакцией, недопущения ее самопроизвольного разгона и взрыва реактора, а также обеспечивает биологическую защиту окружающего реактор пространства от интенсивных потоков нейтронов и γ -излучения, существующих в активной зоне реактора.

3.1633.

$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$E_0 = m_0 c^2;$ $E_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 8,19 \cdot 10^{-14} \text{ Дж.}$ Так как $1 \text{ Дж} = 1/(1,6 \cdot 10^{-19}) \text{ эВ}$, то $E_0 = \frac{8,19 \cdot 10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ эВ} = 5,1 \cdot 10^5 \text{ эВ} = 0,51 \text{ МэВ.}$
$E_0 - ?$	

3.1634. Необходимым условием возникновения любой ядерной реакции является сближение ядер и частиц на расстояния, равные или меньшие радиуса действия ядерных сил. При синтезе легких ядер кулоновские силы отталкивания препятствуют сближению ядер. При ядерных реакциях синтеза легких необходима сверхвысокая температура (порядка $10^7 - 10^9 \text{ К}$), чтобы кинетическая энергия теплового движения ядер оказалась достаточной для преодоления кулоновской силы отталкивания положительно заряженных ядер и сближения и сближения их на расстояния действия ядерных сил ($r \leq 2 \cdot 10^{-15} \text{ м}$). Так как ядерные реакции синтеза легких ядер атомов возможны при сверхвысоких температурах, то их назвали термоядерными.

3.1635. Нет, потому что суммарная энергия связи ядер, полученных в результате реакции, окажется меньше суммарной энергии связи исходных ядер, т.е. ядерная реакция синтеза таких ядер атомов должна протекать с поглощением энергии.

3.1636.

$E_{\text{св}}({}^2_1\text{H}) = 2,2 \text{ МэВ}$ $E_{\text{св}}({}^3_1\text{H}) = 8,5 \text{ МэВ}$ $E_{\text{св}}({}^4_2\text{He}) = 28,3 \text{ МэВ}$ $\Delta E - ?$	Ядерная реакция синтеза ядер атомов дейтерия и трития в гелий: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} = {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + \Delta E;$ $\Delta E = E_{\text{св}}({}^4_2\text{He}) - 2E_{\text{св}}({}^2_1\text{H}) - 2E_{\text{св}}({}^3_1\text{H});$ $\Delta E = 28,3 \text{ МэВ} - 2,2 \text{ МэВ} - 8,5 \text{ МэВ} = 17,6 \text{ МэВ.}$
---	--

3.1637. Непрерывные термоядерные реакции образования ядер гелия из ядер водорода. Звезды являются естественными термоядерными реакторами.

Тестовые задания

3.1638.	2
3.1639.	4
3.1640.	3
3.1641.	3
3.1642.	1
3.1643.	4
3.1644.	2
3.1645.	1
3.1646.	2

3.1647.	2
3.1648.	2
3.1649.	4
3.1650.	1
3.1651.	3
3.1652.	3
3.1653.	2
3.1654.	1
3.1655.	2
3.1656.	4
3.1657.	1
3.1658.	2
3.1659.	1
3.1660.	4
3.1661.	4
3.1662.	4
3.1663.	2
3.1664.	2
3.1665.	1
3.1666.	3
3.1667.	3
3.1668.	4

Текстовые, расчетные задачи

Уровень А

3.1669. $\rho = \frac{m}{V} = \frac{3Am_{\text{H}}}{4\pi r_0^3 A} = \frac{3m_{\text{H}}}{4\pi r_0^3} = 1,45 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3$. 3.1670. 1,5. 3.1671. $2,74 \cdot 10^{-4}$.

3.1672. $\nu = \frac{eBR}{m} = 6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$. 3.1673. 5025 сут⁻¹. 3.1674. $1,67 \cdot 10^5 \text{ сут}^{-1}$. 3.1675. $^{226}_{88}\text{Ra}$. 3.1676. 11.

3.1677. а) 39,3 МэВ, б) 28,6 МэВ, в) 227 МэВ. 3.1678. 7,78 МэВ. 3.1679. 17,3 МэВ. 3.1680. 17,6 МэВ.

3.1681. Позитрон. 3.1682. $3 \cdot 10^{19} \text{ Гц}$. 3.1683. 17,6 МэВ. 3.1684. $5,7 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. 3.1685. В 33 раза.

3.1686. $1,04 \cdot 10^9 \text{ Вт}$. 3.1687. 53 МВт.

3.1688.

$\Delta E = 200 \text{ МэВ}$	$E = \Delta E \cdot n$, где n — число распавшихся ядер атомов урана-235
$m = 0,2 \text{ кг}$	$n = \frac{mN_A}{M}$, тогда $E = \frac{\Delta E m N_A}{M}$;
$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	$E = \frac{200 \text{ МэВ} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{235 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}} = 1,02 \cdot 10^{26} \text{ МэВ} =$
$M = 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}$	$= 1,02 \cdot 10^{26} \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = 1,63 \cdot 10^{13} \text{ Дж}.$
$E - ?$	

3.1689.

$m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$E_0 = m_0 c^2$;
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$E_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 15,03 \cdot 10^{-11} \text{ Дж} =$
$E - ?$	$= \frac{15,03 \cdot 10^{-11} \text{ эВ}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 9,39 \cdot 10^8 \text{ эВ} = 939 \text{ МэВ}.$

3.1690.

$\Delta E = 200 \text{ МэВ}$	$E = \Delta E n$, где n — число распавшихся ядер атомов урана;
$m = 10 \text{ кг}$	$n = \frac{\Delta E m N_A}{M}$;
$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	$E = \frac{200 \text{ МэВ} \cdot 10 \text{ кг} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{235 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}} =$
$M = 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}$	$5,123 \cdot 10^{27} \text{ МэВ} = 5,123 \cdot 10^{27} \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} =$
$E - ?$	$= 8,197 \cdot 10^{14} \text{ Дж}.$

3.1691. 75 %; 25 %. **3.1692.** $a = \frac{m \cdot N_A \cdot \ln 2}{M \cdot T_{1/2}} = 3,68 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$ **3.1693.** $m = \frac{a M T_{1/2}}{N_A \ln 2} = 6,49 \cdot 10^{-9} \text{ кг.}$

3.1694. В 64 раза. **3.1695.** $t = \frac{\ln 4}{\lambda} = 3,47 \cdot 10^6 \text{ с.}$ **3.1696.** $T_{1/2} = \frac{m N_A \ln 2}{M A_0} = 1582 \text{ год.}$ **3.1698.** В 1024 раза.

3.1699. Общая доза, полученная сотрудником за год работы, составит $D = d \cdot n \cdot t = 8,4 \text{ мГр}$, а предельная доза равна 50 мГр , следовательно, работа с рентгеновской установкой не опасна. **3.1700.** 100 т.

3.1701. 2,2 МэВ; $5,3 \cdot 10^{20} \text{ Гц.}$ **3.1702.** $m = \frac{M p \tau}{\eta N_A W_0} = 5,3 \text{ кг.}$ **3.1703.** На основании закона сохранения

количества движения $-m v_0 = m_0 v_1 + M m_0 v_2 - (1)$, где m_0 – масса нейтрона, v_0 — скорость нейтрона до удара, M – массовое число углерода, v_2 – скорость ядра углерода после удара, v_1 – скорость нейтрона после удара. На основании закона сохранения энергии: $\frac{m_0 v_0^2}{2} = \frac{m_0 v_1^2}{2} + \frac{M m_0 v_2^2}{2}$. (2) Из уравнений (1) и

(2) находим $v_2 = \frac{2 v_0}{M+1}$. Энергия, переданная нейтроном при ударе ядру углерода, $W = \frac{M m_0 v_0^2}{2(M+1)^2}$ а от-

ношение ее к первоначальной энергии нейтрона $\frac{W}{W_0} = \frac{4M}{(M+1)^2}$; $W = 0,28 W_0$. **3.1704.** $1,5 \cdot 10^5$. **3.1705.**

14 см.

3.1706.

$m_0 = 2,4 \cdot 10^{-28} \text{ кг}$	$\epsilon = \frac{m_0 c^2}{2};$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	
$\epsilon - ?$	$\epsilon = \frac{2,4 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2}{2} = 1,08 \cdot 10^{-11} \text{ Дж} =$ $= \frac{1,08 \cdot 10^{-11}}{1,6 \cdot 10^{-13}} \text{ МэВ} = 67,5 \text{ МэВ.}$

3.1707.

$m_0 = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$E = 2 m_0 c^2;$
$m_{0e} = m_{0p}$	$E = 2 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 =$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$= 3 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 1875.$
$E - ?$	

3.1708.

$m_0 = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$E = 2 m_0 c^2;$
$M_{0e^-} = M_{0e^+}$	$E = 2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 =$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$= 1,638 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = \frac{1,638 \cdot 10^{-13} \text{ МэВ}}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 1,02 \text{ МэВ.}$
$E - ?$	

3.1709.

$m_0 = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$E = 2 m_0 c^2;$
$m_{0n} = M_{0n}$	$E = 2 \cdot 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 =$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$= 3 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 1,884 \text{ МэВ.}$
$E - ?$	

3.1710.

$m_0 = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$\epsilon = \frac{2 m_0 c^2}{2} = m_0 c^2;$
$m_{0n} = M_{0n}$	
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	$\epsilon = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 =$ $= 1,5075 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 942 \text{ МэВ.}$
$\epsilon - ?$	

3.1711. $1,165 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$

3.1712.

$m_0 = 1 \text{ кг}$	Так как в аннигиляции участвуют 1 кг
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	вещества и 1 кг антивещества, то
	$E = 2 m_0 c^2;$

$E - ?$	$E = 2 \cdot 1 \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 1,8 \cdot 10^{17} \text{ Дж} =$ $= 1,125 \cdot 10^{30} \text{ МэВ}.$
---------	--

3.1713.

$E = 1,204 \cdot 10^{26} \text{ МэВ}$ $\Delta E = 200 \text{ МэВ}$ $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ $M = 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}$	Число распавшихся ядер атомов $n = \frac{E}{\Delta E}, \quad \text{или} \quad n = \frac{m N_A}{M}. \quad \text{Тогда}$ $\frac{\Delta E}{E} = \frac{m N_A}{M}, \quad \text{откуда} \quad m = \frac{E M}{\Delta E N_A};$ $m = \frac{1,204 \cdot 10^{26} \text{ МэВ} \cdot 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}}{200 \text{ МэВ} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} =$ $= 0,235 \text{ кг} = 235 \text{ г}.$
$m - ?$	

3.1714.

$E = 2,56 \cdot 10^{28} \text{ МэВ}$ $\Delta E = 200 \text{ МэВ}$ $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ $M = 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}$	Число распавшихся ядер атомов $n = \frac{E}{\Delta E}, \quad \text{или} \quad n = \frac{m N_A}{M}. \quad \text{Тогда} \quad \frac{\Delta E}{E} = \frac{m N_A}{M},$ откуда $m = \frac{E M}{\Delta E N_A};$ $m = \frac{2,56 \cdot 10^{28} \text{ МэВ} \cdot 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}}{200 \text{ МэВ} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 50$
$m - ?$	

3.1715.

$e_{\text{св}} \left({}^{235}_{92}\text{U} \right) = 7,59 \text{ МэВ/нук}$ $e_{\text{св}} \left({}^{94}_{38}\text{Sr} \right) = e_{\text{св}} \left({}^{140}_{54}\text{Xe} \right) =$ $= 8,6 \text{ МэВ/нук}$	$\Delta E = e_{\text{св}} \left({}^{94}_{38}\text{Sr} \right) 94 + e_{\text{св}} \left({}^{140}_{54}\text{Xe} \right) 140 - e_{\text{св}} \left({}^{235}_{92}\text{U} \right) 235;$ $\Delta E = 8,6 \text{ МэВ} (94 + 140) - 7,59 \text{ МэВ} \cdot 235 =$ $= 228,75 \text{ МэВ}.$
$\Delta E - ?$	

3.1716.

$E_{\text{св}} \left({}^2_1\text{H} \right) = 2,2 \text{ МэВ}$ $E_{\text{св}} \left({}^4_2\text{He} \right) = 28,3 \text{ МэВ}$	Ядерная реакция синтеза ядер дейтерия в гелий: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} = {}^4_2\text{He} + \Delta E;$ $\Delta E = E_{\text{св}} \left({}^4_2\text{He} \right) - 2 E_{\text{св}} \left({}^2_1\text{H} \right);$ $\Delta E = 28,3 \text{ МэВ} - 2 \cdot 2,2 \text{ МэВ} = 23,9 \text{ МэВ}.$
$\Delta E - ?$	

3.1717.

$E_{\text{св}} \left({}^4_2\text{He} \right) = 28,3 \text{ МэВ}$ $E_{\text{св}} \left({}^{12}_6\text{C} \right) = 92,2 \text{ МэВ}$	$\Delta E = E_{\text{св}} \left({}^{12}_6\text{C} \right) - 2 E_{\text{св}} \left({}^4_2\text{He} \right);$ $\Delta E = 92,2 \text{ МэВ} - 3 \cdot 28,3 \text{ МэВ} = 7,3 \text{ МэВ}.$
$\Delta E - ?$	

Учебное издание

ПОЛИЦИНСКИЙ Евгений Валериевич
ТЕСЛЕВА Елена Павловна
РУМБЕШТА Елена Анатольевна

ЗАДАЧИ И ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИКЕ

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ИХ РЕШЕНИЮ

Учебно-методическое пособие

Научный редактор
кандидат педагогических наук,
Т.Ф. Торосян

Редактор *Т.В. Казанцева*