

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Е.В. Полицинский

**ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ.
РУКОВОДСТВО К ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Научно-методическим советом
Юргинского технологического института (филиала)
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 53 (075)
ББК 22.3:74.202 я73
П 50

Полицинский Е.В.

П 50

Задачи по физике. Руководство к выполнению контрольных работ: учебно-методическое пособие / Е.В. Полицинский. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 240 с.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов технических направлений подготовки высших учебных заведений дневной и заочной формы обучения. Пособие содержит:

- методическую главу, в которой описаны наиболее общие методы и подходы, система наиболее распространенных приёмов используемых в решении задач по физике;
- методические рекомендации по организации и осуществлению самостоятельной деятельности по решению физических задач и указания к выполнению контрольных работ;
- сводку основных физических законов, связей между физическими величинами по всем разделам общего курса физики;
- справочные материалы, включающие дополнительные сведения по математике, астрономии, химии;
- банк задач (630 задач) по всем основным разделам общего курса физики и ответы к ним.

Пособие может использоваться для организации самостоятельной работы студентов по решению физических задач (выполнению контрольных работ и индивидуальных домашних заданий).

УДК 53 (075)
ББК 22.3:74.202 я73

Рецензенты

Доктор педагогических наук, профессор,
директор Института развития образовательных систем РАО,
В.Н. Куровский

Доктор физ.-мат. наук, профессор
главный научный сотрудник Института физики прочности
и материаловедения СО РАН

В.И. Данилов

Доктор педагогических наук, профессор ТГПУ
Е.А. Румбеиша

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Физические задачи и методика их решения	6
1.1. Роль и функции физических задач в подготовке инженера. Классификация задач по физике	6
1.2. Этапы решения физических задач. Алгоритмические предписания к решению задач по физике и обобщенный, детализированный план решения	19
1.3. Методы и приемы решения физических задач	28
1.4. Методические рекомендации и указания к выполнению контрольных работ и индивидуальных домашних заданий	45
1.4.1. Индивидуальные домашние задания для студентов технических направлений подготовки дневной формы обучения	51
1.4.2. Варианты контрольных работ для студентов заочников	59
1.4.3. Примерный перечень экзаменационных вопросов	62
Глава 2. Учебные материалы по курсу общей физике	67
2.1. Основные законы и связи между физическими величинами	67
2.1.1. Механика	67
2.1.2. Основы молекулярной физики и термодинамики	81
2.1.3. Электричество и магнетизм	91
2.1.4. Оптика	113
2.1.5. Элементы квантовой, атомной, ядерной физики	118
2.2. Задачи по физике	126
2.3. Ответы к задачам	213
Приложение	219
Список литературы	237

Введение

Курс общей физики является общеобразовательной основой подготовки современного инженера и занимает особое место в его подготовке. К сожалению, многие студенты младших курсов считают, что профессиональные знания и умения они начнут приобретать только при изучении специальных дисциплин. Так думать – значит глубоко заблуждаться. Профессиональные компетенции формируются уже с самого начала обучения в вузе при изучении общенаучных и инженерных дисциплин.

В курсе «Введение в специальность» студентов обычно знакомят с квалификационными характеристиками, перечнем необходимых для успешной инженерной деятельности знаний, умений и навыков. Без преувеличений можно сказать, что основы большинства этих знаний и умений закладываются при изучении физики.

Решение задач – важнейший вид учебной деятельности в процессе обучения точным наукам. Решение физических задач позволяет:

- понять и запомнить основные законы и формулы физики, создают представление об их характерных особенностях и границах применения;
- развивают умения и навыки использования общих законов для решения конкретных, практических вопросов.

Умение решать задачи является лучшим критерием оценки глубины изучения учебного материала и его усвоения. По характеру работы инженеру чаще всего приходится решать различные производственные задачи: технологические, конструкторские, исследовательские. Нередко это нетиповые и неповторимые задачи. Как правило, для этих задач приходится не только искать способ решения, но и часто формулировать их для себя и других, то есть составлять условие и требования задачи. Таким образом, умение решать задачи – профессиональное качество, необходимое для каждого инженера.

В настоящее время имеется достаточно большое количество различных сборников задач по физике, во многих из которых приводятся общие руководства к решению произвольной физической задачи. Эти руководства (алгоритмические предписания) могут быть краткими, включающими три пункта или подробными – десять и более пунктов. Многие составители сборников задач вообще не считают нужным давать какие-либо методические рекомендации по решению физических задач.

Данное пособие содержит:

- методическую главу, в которой описаны и рассмотрены на конкретных примерах наиболее общие методы и подходы, система наиболее распространенных приёмов использующихся в решении задач по физике;
- детализированную до отдельных логических шагов, авторскую схему решения произвольной физической задачи;
- сводку основных физических законов, связей между физическими величинами по всем разделам общего курса физики;
- справочные материалы, включающие сведения из математики, астрономии, химии необходимые для решения физических задач;
- 630 задач по курсу общей физики и ответы к ним;
- методические рекомендации по организации и осуществлению наиболее эффективной, по мнению авторов, самостоятельной деятельности по решению физических задач и указания к выполнению контрольных работ, написанию рефератов.

Пособие предназначено для студентов всех технических направлений подготовки дневной формы обучения, студентов заочников обучающихся по специальности 130400 – «Горное дело», направлений подготовки: 150700 – «Машиностроение», 150400 – «Металлургия», 110800 – «Агроинженерия», 280700 – «Техносферная безопасность», 230700 – «Прикладная информатика».

При этом учтены особенности учебных планов – различие в числе контрольных работ и во времени, отводимом для изучения курса физики. Предусмотренные две схемы выполнения индивидуальных домашних заданий и контрольных работ позволяют: использовать это пособие в работе со студентами разных потоков одновременно; чередуя их исключить возможность передачи готовых работ студентам, обучающимся на курсе младше.

Осветить в данном пособии все тонкости методики решения задач по физике, привести алгоритмические предписания к решению задач по всему курсу не представляется возможным. Поэтому рекомендуется изучить следующие, приведённые в списке литературы источники: 1 – 5, 9 – 14, 21, 39. Кроме того, литературные источники: 9 – 12, 15 – 18, 27 – 30, 32, 36 содержат большое количество кратких и подробных решений различных физических задач. Для того чтобы научиться решать задачи, безусловно, необходимо познакомиться с тем как это делают другие. Достаточно часто поиск решения конкретной физической задачи оказывается успешным после рассмотрения готовых решений подобных задач, поэтому целесообразно и полезно изучить и эту литературу.

Глава 1. Физические задачи и методика их решения

1.1. Роль и функции физических задач в подготовке инженера. Классификация задач по физике

Ни с чем в своей деятельности человек не сталкивается так часто и ни в чём так сильно не нуждается, как в способности ставить и решать задачи самых разнообразных типов и различной степени сложности. Задачи и их решения имеют самое непосредственное отношение к разносторонней деятельности людей. Весь тернистый путь человечества, каждый его этап – это постановка и решение всё новых, встающих перед людьми задач [6].

Производственник, кем бы он не был – учёным, конструктором, инженером, рабочим, перед которым поставлена конкретная задача, конечно, должен её решать – это его служебная обязанность, его главная цель. Вторичной целью может быть отыскание наиболее общего, экономически более выгодного решения. В результате решения задачи учёным, конструктором, инженером, рабочим создаётся духовная или материальная ценность. Какую же ценность создают студенты при успешном решении задач из стандартных задачника? Никаких [19, С. 6]!

Главное – в процессе решения каждой конкретной задачи научиться чему-то новому, приобрести определённый опыт, устойчивые навыки и умения решения задач практического характера. То есть главная цель решения задач студентами – учебная, подготовка к инженерно-конструкторской и исследовательской деятельности.

Решение задач – важнейший вид учебной деятельности студента в процессе обучения физики и другим точным наукам. В ходе решения физической задачи студент совершает мыслительные действия, позволяющие перейти от формального знания законов, связей между физическими величинами к их пониманию, установлению сущности. Поэтому, нередко, по способности решать задачи судят о понимании учебного материала. В процессе решения задач по физике развиваются логическое мышление, умения решать проблемы, применять физические знания на практике, формируются экспериментальные и информационные умения.

Одной из основных задач практических занятий по общенаучным и общеинженерным дисциплинам, в частности, практических занятий по физике, является именно формирование умения решать задачи. Как абсолютно справедливо отмечают Ф.П. Кесаманлы и В.М. Коликова: «При внимательном рассмотрении разного рода задач по различным дисциплинам можно отчётливо видеть, что различие их между собой

состоит только в содержании и цели, а по структуре деятельности, нужной для решения задач, все они практически одинаковы» [19, С. 4]. Более того, сравнительный анализ деятельности по решению инженерно-технических и учебных задач показывает, что и они имеют общую структуру, иначе говоря, при решении любой задачи необходимо выполнять одни и те же четыре принципиально важных этапа.

1. Изучение (анализ) содержания задачи, краткая запись условия и требований.
2. Поиск способа (принципа) решения и его оформление.
3. Осуществление решения, проверка правильности и его оформление.
4. Обсуждение (анализ) проведённого решения, отбор информации, полезной для дальнейшей работы.

Такая общность позволяет в процессе решения освоить общий подход к решению всех задач, ознакомиться с основными особенностями каждого из четырёх выделенных выше этапов процесса решения и овладеть в результате умениями, необходимыми для решения производственных задач [19, С.4].

Анализ и обобщение различных определений понятия физическая задача позволяет дать следующее определение. Физическая задача – это выраженная с помощью информационного кода (текстового, графического, образного и их комбинаций) проблемная ситуация, которая требует от обучающегося для её 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 [30].

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, в процессе деятельности по решению задач студент не только знакомится с новыми фактами, расширяя свой кругозор, но и приобретает практический опыт применения знаний и умений в конкретных ситуациях.

Развивающая функция. Состоит в том, что у студентов формируются умения работать с разными видами представления информации – таблицами, графиками, текстом. У них 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, производст-

венных 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 обучающимися 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 ученик, определить возможные причины затруднений, осуществить коррекцию.

Рассмотренные выше функции задач показывают, насколько важна роль задач в процессе обучения 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, 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 её 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 [23] 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 проблемной ситуации характеризуется соотношением двух главных показателей: степенью новизны и обобщенности усваиваемого неизвестного и интеллектуальными возможностями учащегося» [23, С. 196]. 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 [4]. Однако деление по данным признакам на наш взгляд весьма условно, поскольку непосредственно связано с предыдущим опытом обучающихся по решению физи-

ческих задач. Для двух разных студентов 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 требований; 2) по содержанию; 3) по способу предъявления и решения; 4) по целевому назначению. На наш взгляд, практика решения задач требует детализации этих четырех групп и дополнении классификации пятой группой – «по структуре и средствам решения». Подробное авторское описание системы задач приведено на схеме 1.

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 амплитудой колебаний; в чём состоит физический смысл температуры; как формулируется закон Джоуля – Ленца?*). Цель последних – закрепить формальные знания; ответы на эти вопросы в готовом виде имеются в учебнике, и их нужно лишь вспомнить.

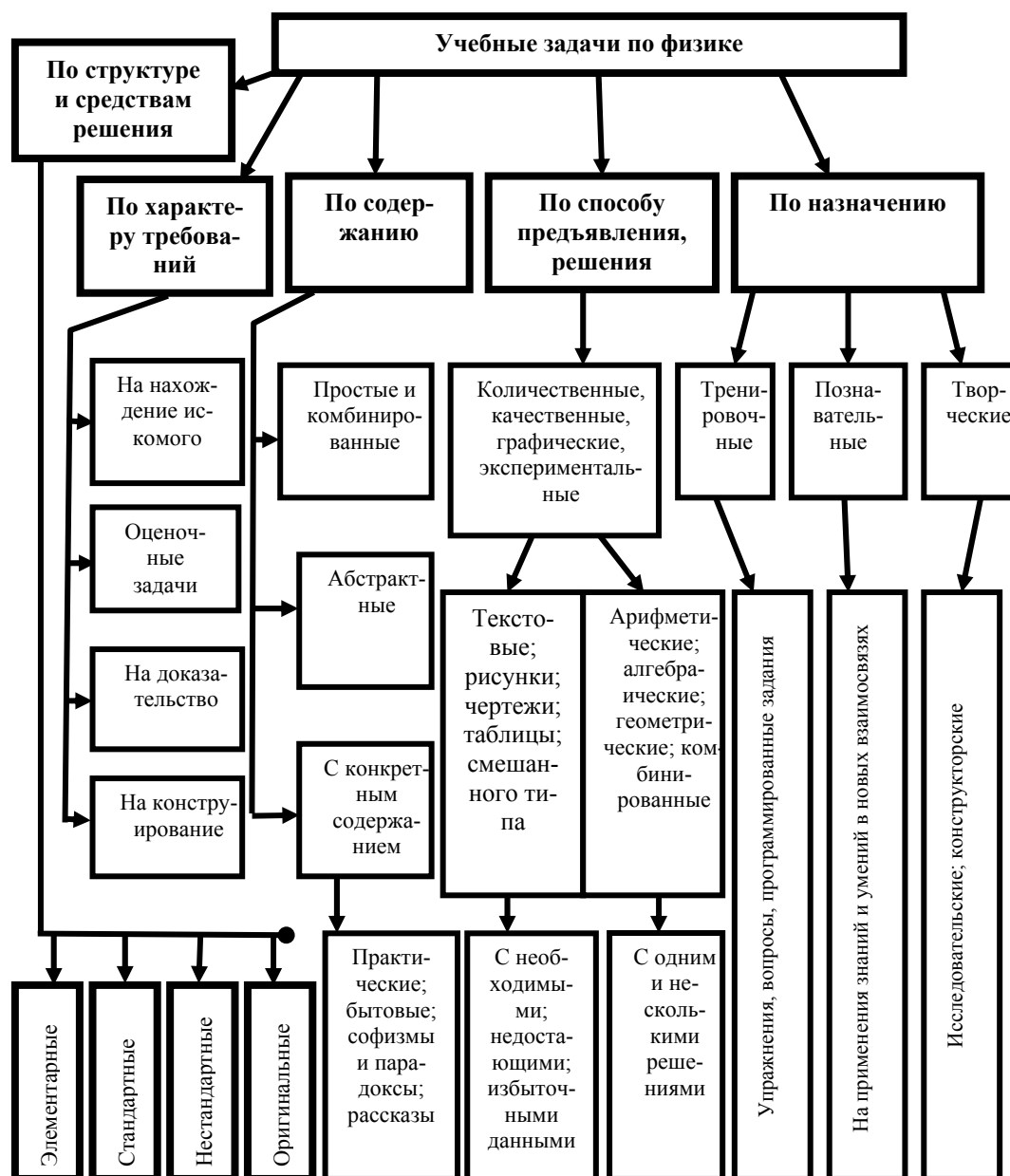
В качественной задаче ставится такой вопрос, ответ на который в готовом виде в учебнике не содержится.

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

Пример 2. *Как будут отличаться друг от друга траектории электрона и протона, влетевших с одинаковыми скоростями в магнитное поле перпендикулярно вектору \vec{B} ?*

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

Схема 1. Классификация физических задач



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 [16, 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: $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ (1). Электрическое сопротивление: $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$ (2); (2) \rightarrow (1): $Q = \frac{I^2 \cdot \rho \cdot l \cdot t}{S}$ (3). Из (3) следует, что чем больше удельное сопротивление проводника, тем больше количество теплоты выделяется.

Пример 4. Болт подвешен на нити так, как показано на рисунке (рис.1). Будет ли одинаков вес частей болта, если его распилить по линии касания нити?

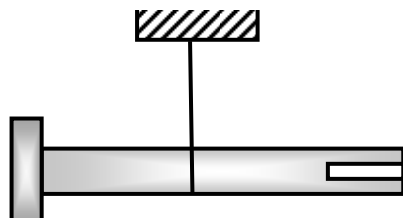


Рис.1. К примеру 4

Решение:

Болт находится в равновесии, следовательно, нужно использовать условие равновесия: сумма моментов сил, действующих по часовой стрелке, равна сумме моментов сил, действующих против часовой

стрелки. Вращающие моменты создают силы тяжести левой и правой частей (рис. 2).

Условие равновесия имеет вид

$$M_1 = M_2 \quad (1),$$

или

$$F_{m1} \cdot d_1 = F_{m2} \cdot d_2 \quad (2).$$

Вес в данном случае равен силе тяжести, следовательно, найдя соотношение между силами тяжести, можно будет ответить на вопрос задачи. Это можно сделать, определив d_1 и d_2 , или их соотношение, однако из условия задачи для этого нет ни каких зацепок.

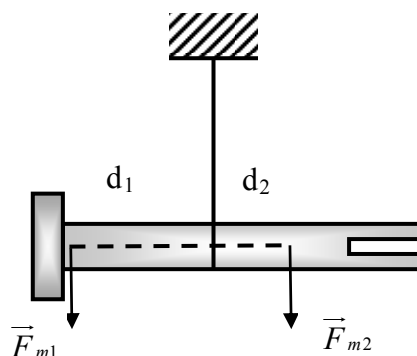


Рис.2. К решению задачи (пример 4)

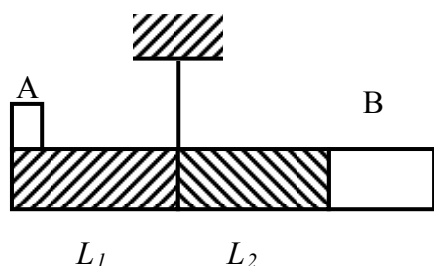


Рис.3. К решению задачи (пример 4)

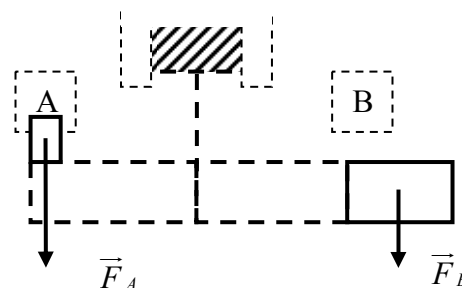


Рис.4. К решению задачи (пример 4)

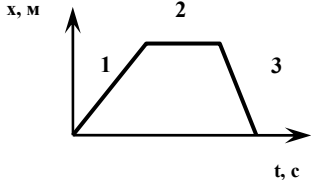
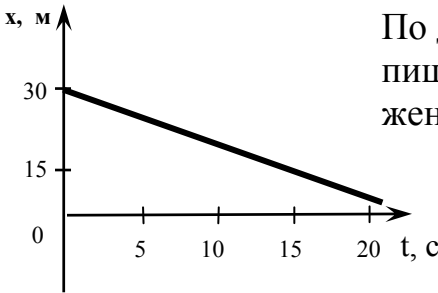
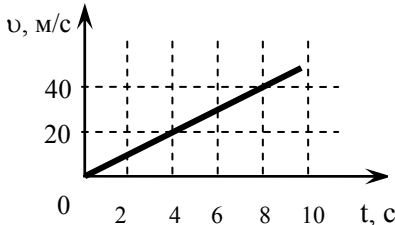
А можно ли пере моделировать ситуацию с тем, чтобы заменить данную задачу эквивалентной задачей?

Выделим равные части по своему действию (рис.3) слева и справа ($L_1 = L_2$). Теперь сравним, что тяжелее, остаток А или В. Стержень находится в равновесии. Значит, моменты сил тяжести \vec{F}_A и \vec{F}_B равны (рис.4), однако плечо силы тяжести \vec{F}_A меньше плеча силы тяжести \vec{F}_B . Следовательно, сила тяжести F_A больше силы тяжести F_B , и левая часть болта тяжелее правой.

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.

Классификация графических задач

Основа составления условия задачи	Пример условия и требований задачи												
Табличные данные	По данным таблицы построить график зависимости скорости автомобиля от силы тяги <table border="1" data-bbox="579 524 1323 613" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>$v, \text{ м/с}$</td> <td>1,6</td> <td>2,2</td> <td>3,7</td> <td>4,4</td> <td>5,3</td> </tr> <tr> <td>$F, \text{ кН}$</td> <td>47,0</td> <td>32,5</td> <td>21</td> <td>13,7</td> <td>12,5</td> </tr> </table>	$v, \text{ м/с}$	1,6	2,2	3,7	4,4	5,3	$F, \text{ кН}$	47,0	32,5	21	13,7	12,5
$v, \text{ м/с}$	1,6	2,2	3,7	4,4	5,3								
$F, \text{ кН}$	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	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>На рисунке представлен график зависимости $x(t)$ движущегося тела. Что характеризует первая, вторая и третья части графика?</p> </div> </div>												
Аналитическое выражение функциональной зависимости, представленной графиком	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>По данному графику запишите уравнение движения тела.</p> </div> </div>												
Определение по графику неизвестных величин	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>По графику скорости движения тела найти ускорение, с которым оно движется.</p> </div> </div>												

Конечно, многообразие графических задач не исчерпывается приведенными в таблице задачами, можно привести и другие виды задач:

- 1) исследование углов наклона графиков. Например, $\text{tg}\alpha$ в вольт-амперной характеристике численно равен проводимости, $\text{ctg}\alpha$ – 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 кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего излучения определить максимальную скорость фотоэлектронов для разных металлов.

Графические задачи позволяют наиболее наглядно и доходчиво выразить 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).

Экспериментальные задачи

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.

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 получаются 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 (таблица 2).

Нельзя не отметить преимущество экспериментальных задач, заключающееся в том, что они не могут быть решены формально, без достаточного осмысления описанного в задаче физического процесса.

Особого внимания заслуживают **задачи с недостающими** (пример 5) и **избыточными** (пример 6) **данными** в условии.

Пример 5. *К сети присоединены два резистора. При их последовательном соединении сила тока 4,4 А, а при параллельном – 27,5 А. Определить сопротивление резисторов.*

Основные группы экспериментальных задач

Основа составления условия задачи	Пример
Извлечение данных из эксперимента	<p>Из какого материала изготовлен полый цилиндр (рис. 5)? Каким будет его вес на Луне?</p>  <p style="text-align: center;">Рис. 5. Полый цилиндр</p>
Экспериментальная проверка теоретических расчетов	<p>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.</p>

Пример 6. Определить линейную скорость движения Луны вокруг Земли. Считать орбиту луны круговой. Период вращения Луны вокруг Земли – 27,3 суток, ускорение свободного падения у поверхности 1,62 м/с².

Для решения первой задачи (пример 5) необходимо знать не заданное в условии напряжение сети. Если предположить, что в задаче речь идёт о стандартной сети напряжением 220 В, задача может быть решена достаточно просто.

Для решения второй задачи (пример 6) нет необходимости в использовании периода вращения Луны и ускорения свободного падения у её поверхности. Массу Земли и среднее расстояние между центрами Земли и Луны берём из справочника и легко находим линейную скорость: $F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$; $F = \frac{m \cdot v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = 1 \cdot 10^3$ м/с.

Такие задачи «принуждают» детально анализировать условие и привыкать делать это всегда, поскольку их нельзя решать простой подстановкой данных в формулы.

Взяв за основу способ предъявления решения нельзя не отметить, роль **количественных (расчетных) задач** – задач, при решении которых устанавливаются количественные зависимости между физическими

величинами. В данном пособии в контрольных работах и индивидуальных домашних заданиях абсолютное большинство – текстовых, расчётных задач. Решение таких 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.

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

Рис. 6. К примеру 7

Поскольку вертикальная составляющая скорости в момент влета электрона в конденсатор равна нулю, $h = a \cdot t^2 / 2$ (1), движение вдоль горизонтали можно описать, используя закон равномерного движения: $l = v \cdot t$ (2).

Выразив из (2) время и подставив в (1) решаем первую условно выделяемую в решении задачу, выразив отклонение электрона: $h = a \cdot l^2 / 2 \cdot v^2$ (3). Сопоставление известных и неизвестных величин в по-

лученном 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, $F = q \cdot E$ (5), где в свою очередь $E = U/d$ (6), получаем $a = q \cdot U/dm$ (7). Подставив (7) в (3) получаем окончательное решение:

$$h = \frac{q \cdot U}{d \cdot m} \cdot \frac{l^2}{2 \cdot v^2} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

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. То есть это комбинированная задача (смотрите схему 1).

1.2. 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 [4].

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:

- 1) соответствие размерностей;

например, решая задачу на нахождение напряженности поля в точке был получен следующий результат: $E = \frac{2 \cdot q_1 \cdot h}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot r_1^4}$.

Целесообразно провести проверку соответствия размерности:

$$[E] = \frac{[q] \cdot [h]}{[\varepsilon_0] \cdot [r_1^4]} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{м}}{(\text{Ф/м}) \cdot \text{м}^4} = \frac{\text{Кл/Ф}}{\text{м}^2} = \frac{\text{В}}{\text{м}^2}.$$

Поскольку единица измерения напряженности В/м, очевидно что в ходе решения была допущена ошибка;

- 2) 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 ($q = N \cdot e$, 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 [41] 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» [35]. 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 на практике общего плана решения физических задач (схема 2), В.И. Одинцова и Н.Е. Кургаева [25] 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.

Деятельность по решению физических задач учащимися, студентами, как показывают наши исследования [30], становится более успешной при детализации всех пунктов приведенного ниже общего плана

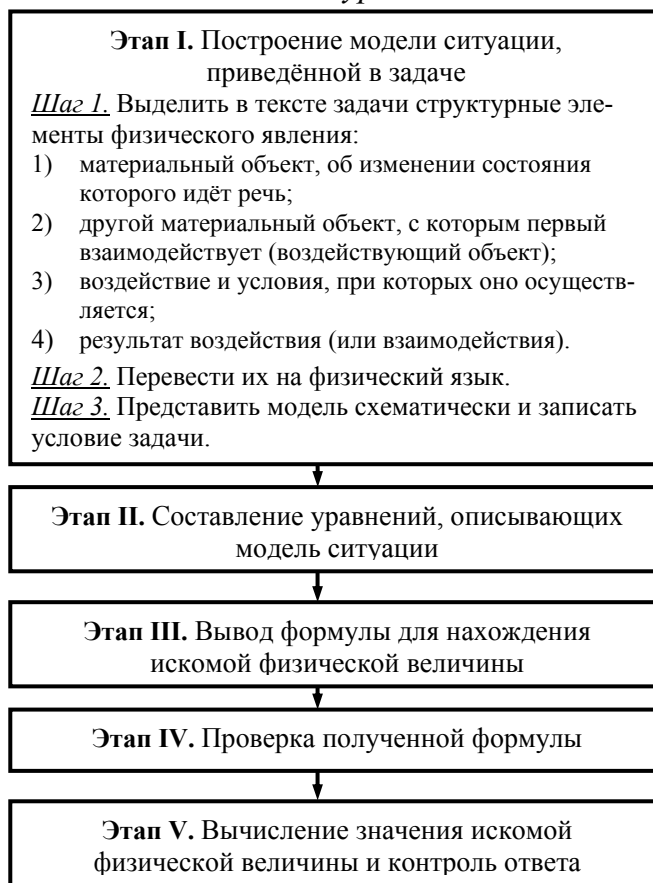
решения физических задач, обучении учащихся (студентов) их выполнению с предоставлением при этом максимальной самостоятельности.

Схема 2. Стандартная схема решения физических задач

Общий план (алгоритм) решения физических задач

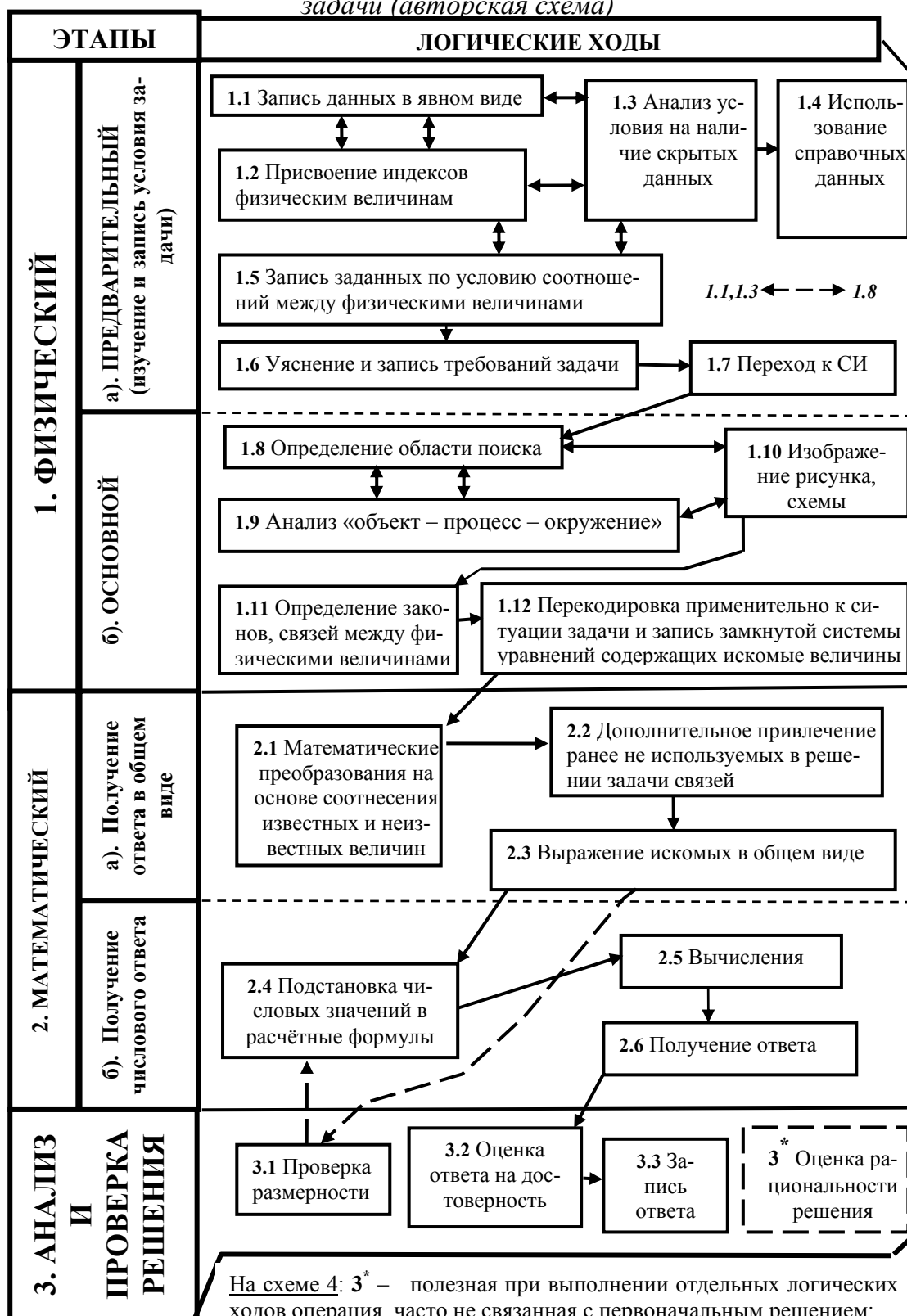
1. Изучение условия задачи его краткая запись в буквенных выражениях; переход к СИ.
2. Выполнение рисунка, схемы или чертежа.
3. Анализ физического содержания задачи и выявления путей (способов) решения с последующим составлением плана решения.
4. Выполнение решения в общем виде.
5. Вычисления.
6. Анализ результата и проверка решения.
7. Запись ответа.

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



Из проведённых исследований [30], опыта работы следует, что заметное улучшение процесса решения физических задач, как учащимися, так и студентами отмечается при выделении и формулировании подцелей в ходе решения. Необходимо опираясь на ключевые признаки научиться объяснять цель каждого шага в решении, это приводит к свободной ориентации в структуре задачи, что очень важно. Обобщение опыта совместной работы с учащимися старших классов, студентами по решению физических задач позволили сконструировать детализированный план решения поставленной физической задачи (схема 4). Ниже (пример 8) приведено подробное решение задачи с опорой на приведённый на схеме 4 детализированный до отдельных логических шагов план.

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



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

Пример 8. Плотность тока в медном проводнике равна $0,1 \text{ мА/м}^2$. Определить объёмную плотность тепловой мощности тока.

1.1. Данные в «явном» виде – плотность тока в проводнике: $j = 0,1 \text{ мА/м}^2$. Поскольку параметры не изменяются – необходимости в присвоении индексов физическим величинам в данной задаче нет, шаг **1.2** пропускаем. **1.3.** «Скрытые» данные – проводник медный. Переходим к шагу – **1.4.** Из справочных данных – удельное сопротивление меди: $\rho = 1,7 \cdot 10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Здесь следует отметить, что из справочника можно взять разные данные, например – удельную теплоёмкость, температуру плавления меди и т.д. Однако есть ли в этом необходимость? Ясно, что по проводнику течёт электрический ток, проводник вследствие этого нагревается, отдавая окружающей среде некое количество теплоты. Уже в процессе выполнения этого шага мы определяем область поиска решения, выполняем одновременно с этим шагом, шаг – **1.8.** Ясно, что количество теплоты, которое выделяется проводником с током определяется законом Джоуля-Ленца, в решении задачи нужно будет использовать выражение для мощности электрического тока, плотности тока, а в этих формулах нет удельной теплоёмкости, нет необходимости и в записи температуры плавления меди (проводник нагревается, но не плавится). Если же мы и запишем какие-либо «лишние» (не использующиеся в решении задачи) справочные данные, ошибки при этом не допустим. Иногда в процессе решения возникает необходимость в привлечении новых связей (шаг **2.2**), о чём догадаться заранее получается не всегда. Вместе с этим часто приходится использовать и дополнительные справочные данные, которые в ходе предварительного этапа привлечены не были.

Следующий шаг – **1.6** (уяснение и запись требований задачи), поскольку согласно условию задачи соотношений между физическими величинами не задано (шаг **1.5** пропускаем). Очевидно, что объёмная плотность тепловой мощности это отношение мощности к объёму – $\frac{P}{V}$.

Шаг **1.7**: $0,1 \frac{\text{мА}}{\text{м}^2} = 10^{-4} \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$. Переходим к выполнению основной части, физического этапа. Область поиска (шаг **1.8**) – законы постоянного тока (плотность тока согласно условию – постоянная, не меняющаяся с течением времени величина). *Объект* – проводник (металлический прямой цилиндр с площадью поперечного сечения s), *процесс* – упорядоченное движение электронов в проводнике сталкивающихся с колеблющимися ионами кристаллической решётки, вследствие чего проводник нагревается (постоянный ток), *окружение* – воздух (вакуум). В решении этой задачи можно обойтись без пояснительного рисунка (шаг **1.10**, рис.7),

однако многие задачи решить без этого достаточно проблематично, а иногда и нельзя. Во многих случаях пояснительный рисунок (чертёж) позволяет быстро найти идею решения.

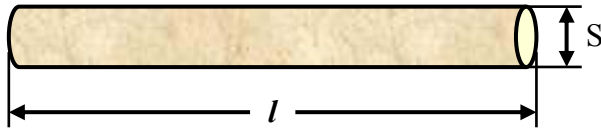


Рис.7. Прямой медный проводник

Итак, можно записать (шаг 1.11):

$$P = I \cdot U = I^2 \cdot R \quad (1),$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (2),$$

$$V = l \cdot S \quad (3),$$

$$j = \frac{I}{S} \quad (4).$$

Перекодировка этих законов не требуется, шаг 1.12 пропускаем.

Переходим к математическому этапу (шаг 2.1, 2.3). Подставим (2) в (1): $P = I^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{S}$ (5). Тогда $\frac{P}{V} = \frac{\rho \cdot I^2 \cdot l}{S \cdot V}$ (6). Подставляем (3) в (6): $\frac{P}{V} = \frac{\rho \cdot I^2 \cdot l}{S \cdot l \cdot S} = \frac{\rho \cdot I^2}{S^2}$ (7). Из (4) следует, что $I = j \cdot S$ (8). Подставив (8) в (7), окончательно получаем $\frac{P}{V} = \frac{\rho \cdot j^2 \cdot S^2}{S^2} = \rho \cdot j^2$. Проведём проверку соответствия размерности (шаг 3.1):

$$\left[\frac{P}{V} \right] = [\rho] \cdot [j^2] = \frac{Bm}{m^3} = Om \cdot m \cdot \frac{A^2}{m^4} = Om \cdot \frac{A^2}{m^3} = \frac{B}{A} \cdot \frac{A^2}{m^3} = \frac{B \cdot A}{m^3} = \frac{Bm}{m^3}.$$

Теперь можно выполнить шаги 2.5, 2.6 и 3.3:

$$\frac{P}{V} = 1,7 \cdot 10^8 \cdot (10^{-4})^2 = 1,7 \left(\frac{Bm}{m^3} \right).$$

Ответ: 1,7 Вт/м³.

В решении этой задачи отдельные логические шаги (необходимые для решения многих задач) из схемы 4 были пропущены, поскольку их выполнение не требовалось, а именно: 1.2, 1.5, 1.12. Приведём примеры задач, в которых выполнение этих шагов имеет принципиальное значение.

Пример 9. В баллоне вместимостью 15 л находится аргон под давлением 600 кПа и при температуре 300 К. Когда из баллона было взято некоторое количество газа, давление в баллоне понизилось до 400 кПа, а температура стала 260 К. Определить массу аргона, взятого из баллона.

Поскольку параметры состояния газа – давление и температура меняются, без шага 1.2 не обойтись: $p_1 = 600$ кПа, $p_2 = 400$ кПа, $T_1 = 300$ К, $T_2 = 260$ К.

Пример 10. 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.

В условии этой задачи заданы соотношения между физическими величинами, выполнение шага 1.5 – необходимость: $r = 60 \cdot R_3$, $M_3 = 81 \cdot M_L$, $R_3 = 3,8 \cdot R_L$. Кроме того, в решении задачи используя закон всемирного тяготения ($F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$) нужно перекодировать (адаптировать) его применительно к ситуации задачи (шаг 1.12) с учётом введённых обозначений (рис. 8).

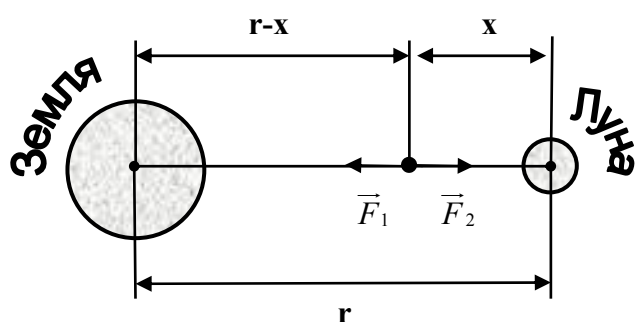


Рис.8. К примеру 10

Сила, с которой ракета притягивается к Земле

$$F_1 = G \cdot \frac{m \cdot M_3}{(r-x)^2},$$

где m – масса ракеты.

Сила, с которой ракета притягивается к Луне

$$F_2 = G \cdot \frac{m \cdot M_L}{x^2}.$$

Отметим, что решение задач по определенному разделу физики, теме 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 являются менее строгими, чем алгоритмы, хотя обладают теми же свойствами (определенность, массовость, результативность). 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. 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 $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ 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 $m \cdot \vec{a}$ (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.
- 7). Записать уравнение или систему уравнений в алгебраической форме.
- 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.

На практике используются не только алгоритмические предписания по применению конкретного физического закона, но и по решению задач на определенные темы. Приведем пример.

Алгоритм решения задач на динамику вращательного движения материальной точки

- 1). Выбрать систему отсчета (чаще выбирают СО, 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 r -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. 9).
- 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. $v = ds/dt$

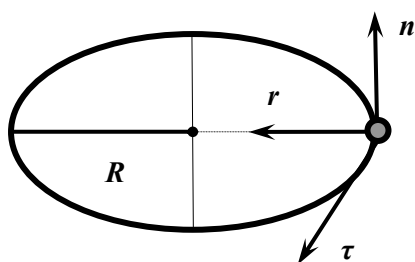


Рис. 9. К алгоритму на вращательное движение

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

Кинематические связи как правило следующие: $v = \omega \cdot R$; $a = \varepsilon R$; $S = \varphi \cdot R$, 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 .

1.3. 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 [41, С. 85].

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

Рассмотрим пример.

Пример 11. Найдите КПД наклонной плоскости длиной 1 м и высотой 60 см, если коэффициент трения при движении по ней тела равен 0,1.

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

Рис. 10. К примеру 11

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. Запишем формулу КПД:

$$\eta = A_n/A_3 \cdot 100\% \quad (1); \quad A_n = m \cdot g \cdot h \quad (2); \quad A_3 = F \cdot l \quad (3).$$

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.

$$\begin{array}{l} \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{mp} + m \cdot \vec{g} = m\vec{a} \\ \text{оу: } N - m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0 \quad (4) \\ \text{ох: } F - F_{mp} - m \cdot g \cdot \sin \alpha = 0 \quad (5) \\ \text{Из (5)} \Rightarrow F = F_{mp} + m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (6) \\ \text{Однако неизвестны } F_{mp} \text{ и } \sin \alpha \\ F_{mp} = \mu \cdot N \quad (7) \\ \text{Из (4)} \Rightarrow N = m \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (8) \\ \sin \alpha = h/l \quad (9) \end{array} \left| \begin{array}{l} \cos \alpha = \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} \quad (10) \\ (8) \rightarrow (7): F_{mp} = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (11) \\ (10) \rightarrow (11): F_{TP} = \mu \cdot m \cdot g \cdot \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} \quad (12) \\ (9), (12) \rightarrow (6): F = \mu \cdot m \cdot g \cdot \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} + m \cdot g \cdot \frac{h}{\ell} \end{array} \right.$$

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

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

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:

$$\begin{array}{l} F = F_{mp} + m \cdot g \cdot \sin \alpha = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + m \cdot g \cdot \sin \alpha. \quad \text{Выражая } \sin \alpha = h/l; \\ \cos \alpha = \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} \quad \text{и учитывая, что } A_3 = F \cdot \ell = \ell \cdot \left(\mu \cdot g \cdot h \cdot \frac{\sqrt{\ell^2 - h^2}}{\ell} + m \cdot g \cdot \frac{h}{\ell} \right) \quad \text{и} \\ A_n = m \cdot g \cdot h, \quad \text{получим тот же результат: } \eta = \frac{h}{\mu \cdot \sqrt{\ell^2 - h^2} + h} \cdot 100\% \approx 88\%. \end{array}$$

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

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

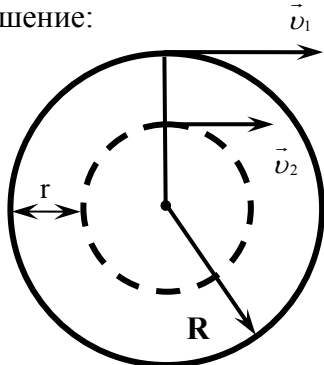
Дано: $v_1 = 2,5 \cdot v_2$ $r = 5$ см <hr/> $R = ?$	СИ $5 \cdot 10^{-2}$ м	Решение:		Данная задача – яркий пример задач, где использование пояснительного рисунка оказывает существенную помощь в решении (рис 11).
---	-------------------------------	----------	---	--

Рис. 11. К примеру 12

Хорошим приёмом является введение вспомогательного элемента – наличие у колеса спиц.

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: $v = \omega \cdot R$. Перекодировав этот закон применительно к рассматриваемым точкам, получаем: $v_1 = \omega \cdot R$; $v_2 = \omega \cdot (R - r)$.

Используя связь линейных скоростей, согласно условию задачи можно записать:

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

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 [16] 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 [4, 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 [4].

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 13. *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. Траекто-

рия 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 14. *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: $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ применить нельзя. Для решения задачи необходимо использовать метод дифференцирования и интегрирования. Возьмем элемент кольца dl (рис. 12). Сила взаимодействия между элементом кольца dl и массой m помещенной в точке A , будет: $dF = G \cdot \frac{m \cdot m'}{x^2} dl$, где m' – масса элемента кольца dl .

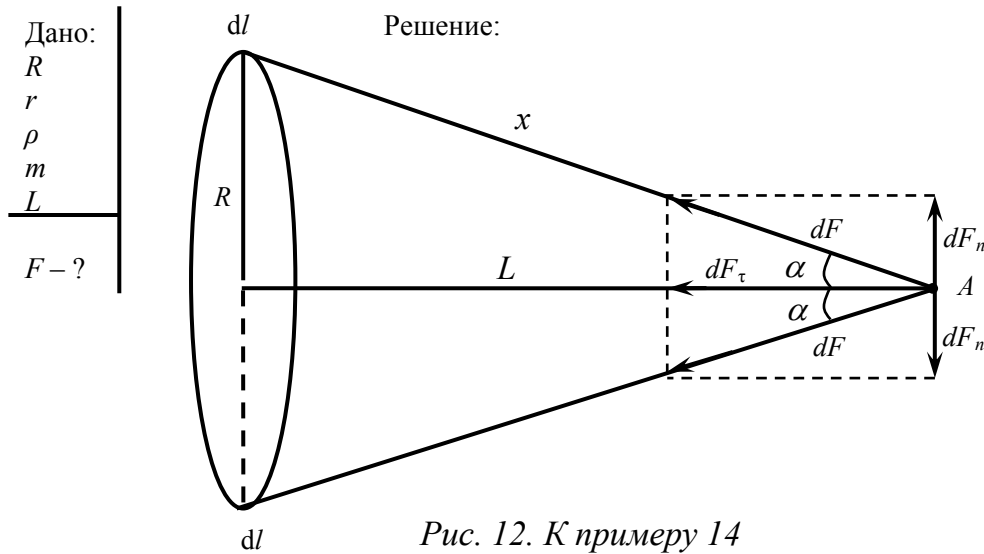


Рис. 12. К примеру 14

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

Сила dF направлена по линии x , соединяющий 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_τ . Составляющие dF_n двух диаметрально расположенных элементов взаимно уничтожаются, поэтому $F = \int dF_\tau$ (2). Используя рисунок к задаче, находим:

$$dF_\tau = dF \cos \alpha = \frac{dF l}{x} \quad (3).$$

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

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

Приведём ещё один пример.

Пример 15. Тонкий стержень длины 1 м равномерно заряжен зарядом $2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определить потенциал электрического поля этого заряда в точке A , расположенной на оси стержня на расстоянии 0,8 м от его конца (рис. 13).

Поскольку среда, в которой находится стержень, не оговаривается, принимаем, что он находится в воздухе (вакууме), что в свою очередь позволяет записать диэлектрическую проницаемость среды $\epsilon = 1$.

Дано:
 $l = 1 \text{ м}$
 $Q = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
 $d = 0,8 \text{ м}$
 $\varepsilon = 1$

$\varphi = ?$

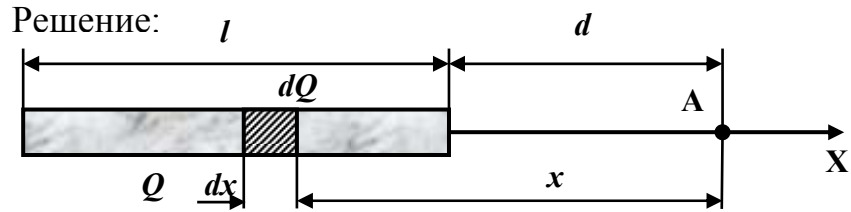


Рис. 13. К примеру 15

Формулу $\varphi = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot d} = k \cdot \frac{Q}{d}$ использовать нельзя, так как она спра-

ведлива только для потенциала электрического поля, созданного точечным электрическим зарядом. В нашем случае заряд Q расположен на теле, размерами которого нельзя пренебречь.

Разделим стержень на малые участки так, чтобы каждый из них можно было принять за материальную точку. Заряд этого участка точечный и составляет $dQ = \frac{Q}{l} dx$. Заряд dQ создает электрическое поле, потенциал $d\varphi$ которого в точке A можно вычислить по формуле:

$$d\varphi = \frac{dQ}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot x} \quad (1).$$

Подставим в (1) значение $dQ = \frac{Q}{l} dx$, получаем дифференциал иско-
 мой величины как функцию одной переменной:

$$d\varphi = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot l} \cdot \frac{dx}{x} \quad (2).$$

Интегрируя (2) по x в пределах от d до $d + l$ (суммируя потенциалы полей, созданные всеми элементарными зарядами, на которые был разделён первоначальный заряд Q), окончательно получаем:

$$\varphi = \int_d^{d+l} \frac{Q \cdot dx}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot l \cdot x} = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot l} \cdot \ln \left(1 + \frac{l}{d} \right).$$

Подставив числовые значения, получаем: $\varphi \approx 14,6 \text{ В}$.

При решении многих задач по физике достаточно часто возникают трудности с пониманием и определением требований задачи. Одним из приемов, позволяющих преодолеть их, 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 сформулировать 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. Нужно самостоятельно решать задачи.

Некоторые эвристические приёмы 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 [39, 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 исходное предположение неверно.

М.С. Красин [21, С. 18–22] опираясь на научные разработки различных исследователей, собственные исследования 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 инерциальных систем отсчета (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.

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 приёмах.

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

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

$S_1 = \frac{a_1 \cdot t_1^2}{2} = 8 \text{ м}$ (2). $v_1 = a_1 \cdot t_1 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – скорость в конце первого участка. Поскольку на втором участке тело движется равномерно $\Rightarrow v_1 = v_2$. Тогда используем закон равномерного движения: $S_2 = v_1 \cdot t_2 = 24 \text{ м}$ (3). 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 $v_3 = 0$. Синтез известных величин приводит к выводу, что удобно использовать формулу для равнопеременного движения через квадрат скоростей. Перекодировав ее с учетом введенных обозначений, запишем:

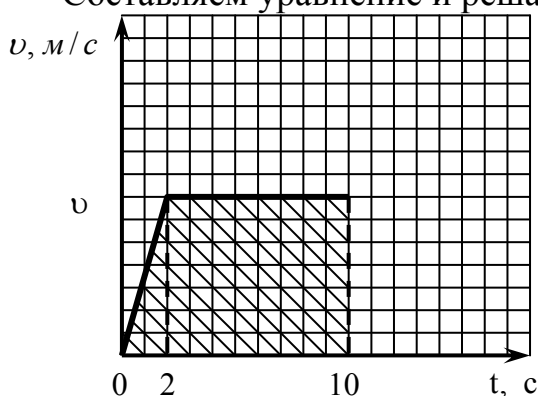
$$S_3 = -\frac{v_1^2}{2 \cdot a_3} \Rightarrow a_3 = -\frac{v_1^2}{2 \cdot S_3} = -0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \text{ Тогда } v_1 + a_3 \cdot t_3 = 0 \Rightarrow t_3 = -\frac{v_1}{a_3} = 10 \text{ с} \quad (4).$$

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

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, может оказаться довольно трудной если решать её аналитически. Использование приема графического представления движения позволяет решить ее очень легко. Изображаем график зависимости скорости движения спортсмена от времени (рис. 14). 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 $2 \cdot v/2$ и площади прямоугольника $8 \cdot v$.

Составляем уравнение и решаем:



$$\begin{aligned} v + 8 \cdot v &= 100 \\ 9 \cdot v &= 100 \\ v &= 100/9 \approx 11 \text{ (м/с)} \end{aligned}$$

Рис. 14. 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:

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

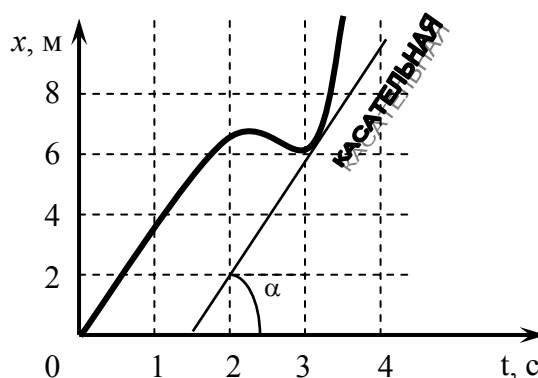


Рис. 15. К примеру 20

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.

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} \quad (1). \text{ Из (1)} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{f} = \frac{d+F}{Fd}; \quad f = \frac{Fd}{d+F} = 0,1 \text{ м}$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \Rightarrow H = \frac{hf}{d} = 0,02 \text{ м}.$$

Ответ 0,1 м; 0,02 м.

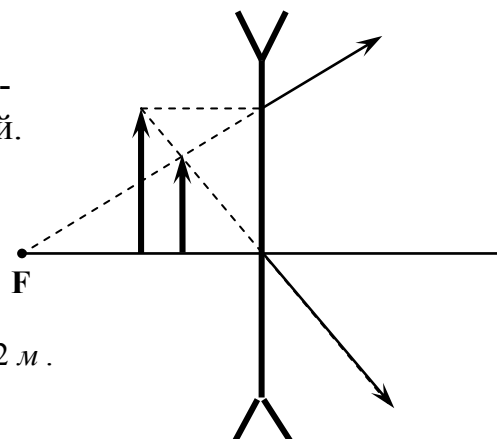


Рис. 16. К примеру 21

В этой задаче приём – изображение рисунка с ходом лучей (рис. 16) позволяет избежать ошибок со знаками в уравнении (1), что и представляет для большинства студентов главную трудность в решении.

Пример 22. В электрическую цепь (рис. 17) 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:
 $R_1 = 30 \text{ Ом}$
 $R_2 = 12 \text{ Ом}$
 $R_3 = 40 \text{ Ом}$
 $R_4 = 10 \text{ Ом}$
 $I = 2 \text{ А}$

$U = ?$
 $I_1 = ?$
 $I_2 = ?$

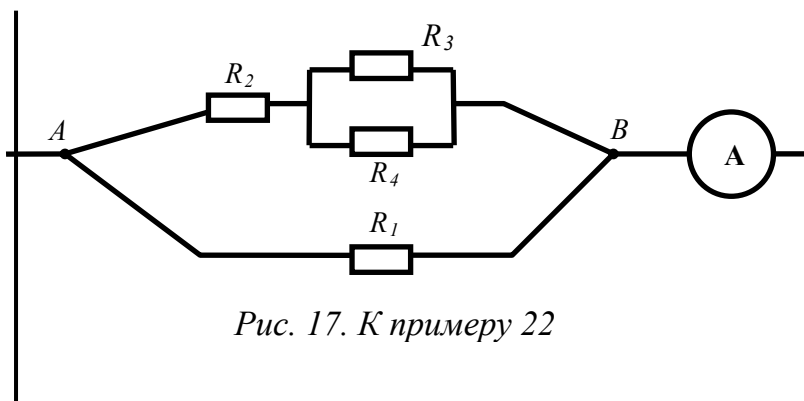


Рис. 17. К примеру 22

Такие задачи решают используя приём – упрощение схемы соединения резисторов. Упрощаем цепь следующим образом (рис. 18).

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

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

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

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

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

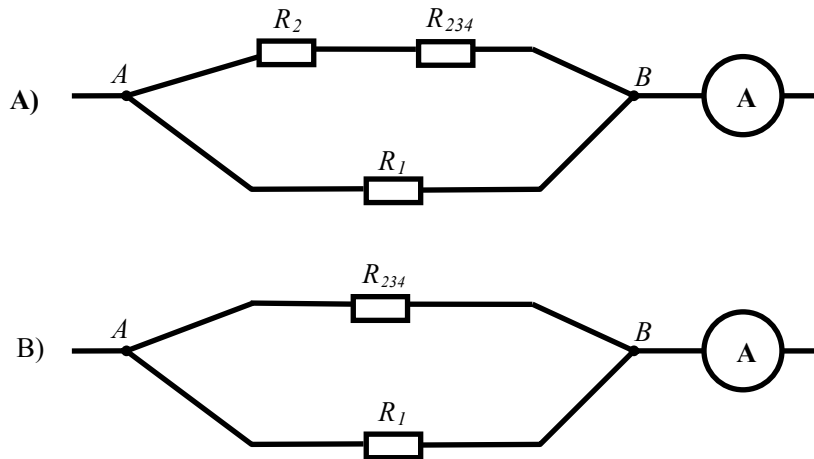


Рис. 18. К примеру 22

Участок цепи с сопротивлением R_{234} и резистор R_1 соединены параллельно, следовательно, полное сопротивление R всего участка АВ цепи можно найти: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{234}} \Rightarrow R = \frac{R_1 \cdot R_{234}}{R_1 + R_{234}}$ (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 : $I_1 = \frac{U}{R_1}$ (6).

2. Величину тока, протекающего через резистор R_2 , найдем также из законов соединения проводников: $I_2 = I - I_1$ (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 $U = 24$ В; $I_1 = 0,8$ А; $I_2 = 1,2$ А.

Физические процессы, как и объекты, можно разделить на простые и сложные. Простой процесс – это процесс, составляющий ту или иную стандартную ситуацию. Сложный процесс – это процесс, в котором параметры, его характеризующие, изменяются непериодически как в пространстве, так и во времени. В стандартных ситуациях мы имеем дело с процессами, в которых параметры, определяющие их свойства, постоянны по величине и направлению, а если изменяются, то изменяются периодически [1, С.104].

Сложными процессами являются:

- 1) механическое движение, при котором сила, определяющая его характер, изменяется по величине или по направлению к скорости движения;
- 2) газовые процессы при изменяющихся m и M ;
- 3) тепловые процессы при изменяющихся m и c ;

- 4) электрический ток, если сила тока изменяется не по закону косинуса или синуса;
- 5) наложение колебательных и волновых движений, когда плоскости колебаний не совпадают или не совпадают частоты колебаний и другие процессы [1].

Рассмотрим задачу, в которой рассматривается процесс с переменным параметром (пример 23).

Пример 23. Льдина площадью 1 м^2 имеет надводную часть высотой 10 см . Определить работу при погружении льдины.

Дано:	СИ
$S = 1 \text{ м}^2$	
$h = 10 \text{ см}$	$0,1 \text{ м}$
$\rho_B = 10^3 \text{ кг/м}^3$	
$A = ?$	

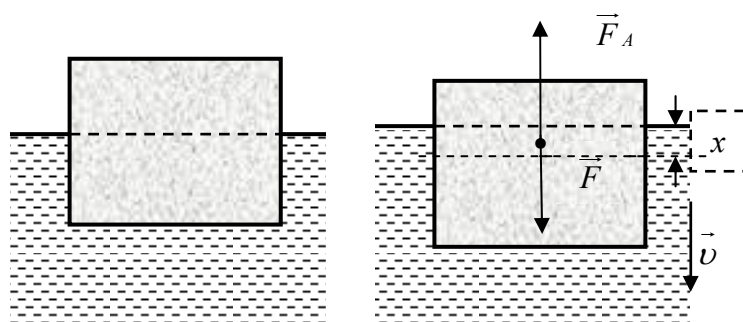


Рис.19. К примеру 23 Рис.20. К примеру 23

При равномерном погружении внешняя сила \vec{F} численно равна избыточной силе Архимеда, возникающей при погружении надводной части льдины на величину x ,

$$F = F'_A = \rho_B \cdot g \cdot S \cdot x \quad (1).$$

Сила F – переменная сила. Процесс с переменным параметром – сложный процесс. Разобьем его на простые процессы с постоянной силой F . Для этого всё перемещение льдины разобьем на бесконечно малые перемещения dx . Работа dA на этом участке определяется выражением

$$dA = F dx \cos 0^\circ \quad (2).$$

Работа при полном погружении равна сумме элементарных работ.

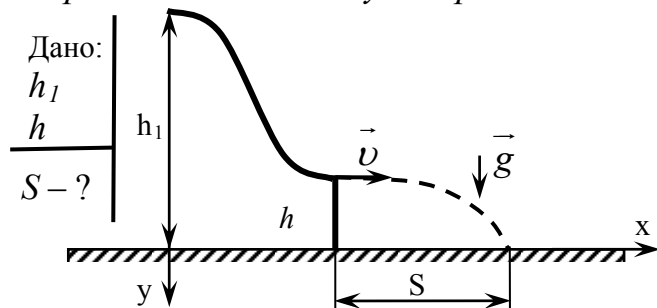
$$A = \int dA \quad (3).$$

Подставив (1) в (2), а его в (3), получим

$$A = \int_0^h \rho_B \cdot g \cdot S \cdot x dx = \rho_B \cdot g \cdot S \cdot \int_0^h x dx = \frac{\rho_B \cdot g \cdot S \cdot h^2}{2}, \quad A = \frac{10^3 \cdot 9,8 \cdot 1 \cdot 0,1^2}{2} = 49 \text{ Дж}.$$

Эту задачу можно решить и иначе, заменив эквивалентной простой задачей, задачей о работе постоянной силы, равной среднему значению избыточной силы Архимеда. Это один из приёмов в решении задач со сложным объектом. Отметим, что, как правило, в процессе решения задач используется не один, а несколько выделенных в таблице 3 приёмов. Приведем пример.

Пример 24. 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?



Решение:

Шайба, соскользя с трамплина, будет двигаться так же как тело, брошенное горизонтально со скоростью v (рис. 21).

Рис. 21. К примеру 24

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

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

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

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

То есть чем больше $(h_1 - h)$, тем дальше улетит шайба.

В решении этой задачи можно выделить следующие приёмы:

— 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 величину v необходимую для нахождения S .

Предлагаем, рассмотрев приведенный ниже пример 25 самостоятельно выделить приемы, использующиеся в решении этой задачи.

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 13мТл . 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:

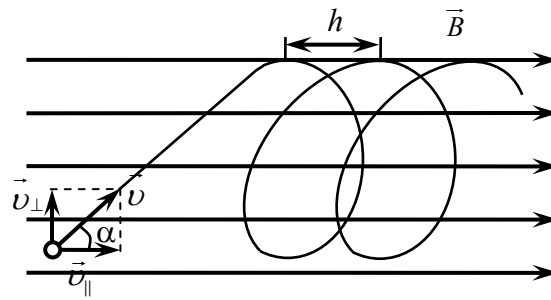


Рис. 22. К примеру 25

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: $F_n = qv_{\perp}B$. Она заставляет частицу вращаться в плоскости, перпендикулярной вектору B . Одновременное участие в двух описанных движениях, и обеспечивает спиральную форму траектории электрона. Составим систему уравнений для данной физической ситуации:

$$a_n = \frac{F_n}{m} \quad (1); \quad F_n = q \cdot v_{\perp} \cdot B \quad (2); \quad a_n = \frac{v_{\perp}^2}{R} \quad (3); \quad v_{\perp} = v \cdot \sin \alpha \quad (4).$$

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

$$(4) \rightarrow (5): R = \frac{m \cdot v \cdot \sin \alpha}{q \cdot B} \quad (6). \text{ Воспользуемся связью между работой}$$

сил электрического поля и изменением кинетической энергии заряженной частицы: $q \cdot U = \frac{m \cdot v^2}{2}$; $2 \cdot q \cdot U = m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot q \cdot U / m} \quad (7).$

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

Шаг спирали h можно найти, используя законы кинематики:

$$h = v_{\parallel} \cdot T \quad (8); \quad v_{\parallel} = v \cdot \cos \alpha \quad (9). \text{ Так как в случае равномерного движе-$$

ния: $v = \frac{S}{t}$, для движения по окружности в нашем случае:

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

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

Ответ: 1 см; 10,8 см.

1.4. Методические рекомендации и указания к выполнению контрольных работ и индивидуальных домашних заданий.

1). За время изучения курса общей физики:

- студент, обучающийся по очной форме обучения и изучающий физику в течение 2 семестров должен выполнить 6 ИДЗ – индивидуальных домашних задания (по 3 ИДЗ в каждом семестре); студент, обучающийся по очной форме обучения и изучающий физику в течение 1 семестра – 2 ИДЗ;
- студент-заочник, изучающий физику в течение трёх семестров – три контрольные работы (всего – 24 задачи); изучающий физику в течение двух семестров – две контрольные работы (всего – 24 задачи).

С целью плодотворной, самостоятельной работы по изучению курса общей физики **рекомендуется использовать электронный учебно-методический комплекс** по дисциплинам ФИЗИКА и КСЕ [44], который можно взять в библиотеке ЮТИ ТПУ.

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплинам ФИЗИКА и КСЕ содержит учебные и учебно-методические издания коллектива авторов кафедры Естественно-научного образования Юргинского технологического института Национального исследовательского Томского политехнического университета (ЮТИ ТПУ), базовые рабочие программы и рейтинг-планы для студентов обучающихся по всем направлениям подготовки в ЮТИ ТПУ, нормативные документы (ФГОС, стандарты ТПУ, основные образовательные программы высшего профессионального образования).

2). Номера задач контрольной работы, определяются по таблицам вариантов. Для студентов очной формы обучения вариант определяется преподавателем. Для студентов заочной формы обучения номер варианта определяется по последней цифре номера зачётной книжки. В пособии предлагаются контрольные работы для студентов-заочников по схемам 1, 2. Номер схемы определяет преподаватель.

3). Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради. Образец титульного листа приведён ниже (рис. 23). Студенты дневной формы обучения пишут вместо «Контрольная работа №» – ИДЗ №.

4). Условия задач в контрольной работе надо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставляют поля.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФГБОУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ Кафедра ЕНО Физика		
Контрольная работа № Вариант		
Исполнитель: студент, номер группы (дата)	(подпись)	И. О. Фамилия
Проверил: должность, уч. степень		И. О. Фамилия
Юрга 2014		

Рис.23. Образец титульного листа

5). В конце контрольной работы необходимо привести список используемой литературы для того, чтобы рецензент в случае необходимости мог указать, что следует студенту изучить для завершения контрольной работы.

6). Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент должен представить её на повторную рецензию, включив в неё те задачи, решения которых оказались неверными. Повторную работу необходимо представить вместе с незачтённой. Срок сдачи контрольной работы для студентов-заочников – не позднее 14 суток до начала сессии. **Студент должен быть готов во время экзамена (зачёта) дать пояснение по существу решения задач, входящих в контрольные работы.**

7). В основу каждой задачи положено то или иное частное проявление одного или нескольких фундаментальных законов природы и их следствий. Поэтому, прежде чем приступать к решению задач какого-либо раздела курса, следует тщательно проработать теорию. Без твёрдого знания теории нельзя рассчитывать на успешное решение даже сравнительно простых задач. Наиболее эффективная форма работы при этом

– самостоятельное написание конспектов. При написании конспекта 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. Как правило, наиболее удачные конспекты содержат как текст, так и таблицы, схемы и рисунки. Работая с теорией нужно опираться на рабочую программу курса физики. При этом можно рекомендовать следующую литературу и электронные продукты:

1. Детлаф А.А. Курс физики: учебное пособие для студентов вузов / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – М.: Академия, 2005. – 720с.
2. Полицинский Е.В. Лекции по физике. Часть I: учебное пособие / Е.В. Полицинский; ЮТИ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 325с.
3. Полицинский Е.В. Лекции по физике. Часть II: учебное пособие / Е.В. Полицинский, Э.Г. Соболева. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 328с.
4. Полицинский Е.В. ФИЗИКА. Механика, молекулярная физика и термодинамика: электронное учебное пособие. – Томск: ЮТИ ТПУ 2011. – 482 Мб.
5. Полицинский Е.В. ФИЗИКА. Оптика. Элементы квантовой, атомной и ядерной физики: электронное учебное пособие: электронное учебное пособие. – Томск: ЮТИ ТПУ 2011. – 575 Мб.
6. Полицинский Е.В. ФИЗИКА. Электричество и магнетизм. Механические и электромагнитные колебания и волны: электронное учебное пособие: электронное учебное пособие. – Томск: ЮТИ ТПУ 2011. – 783 Мб.
7. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – М.: Академия, 2006. – 560с.
8. Трофимова Т.И. Справочник по физике для студентов и абитуриентов / Т.И. Трофимова. – М.: Астрель: АСТ, 2001. – 399с.
9. Трофимова Т.И. Физика в таблицах и формулах: учебное пособие для студентов высших учебных заведений и образовательных учреждений среднего проф. образования / Т.И. Трофимова. – М.: Академия, 2006. – 448с.
10. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплинам ФИЗИКА и КСЕ / Е.В. Полицинский, Е.П. Теслева, Э.Г. Соболева – ЮТИ ТПУ, 2013. – 202 Мб.

В качестве ориентировочных основ действий (ООД) по проработке теории необходимо ориентироваться на обобщенные планы изучения явлений, опытов, величин, законов и т.д. (рис. 24) разработанных А.В. Усовой [41, С. 36-37].

<p style="text-align: center;"><u>Физическое явление</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 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. 	<p style="text-align: center;"><u>Физическая величина</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 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.
<p style="text-align: center;"><u>Физический закон</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Словесная формулировка закона. 2. Математическое выражение закона. 3. Условия применимости закона. 4. Опыты, подтверждающие справедливость закона. 5. Примеры применения закона на практике. 	<p style="text-align: center;"><u>Физическая теория</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 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. 24. Обобщенные планы изучения

8). Записав условие задачи, постарайтесь пересказать его. Если вы можете воспроизвести условие задачи, задача осознана и принята Вами.

При анализе условия задачи и составлении уравнений, описывающих физические явления и процессы, нужно знать, какие из величин, входящих в формулы являются скалярными, какие – векторными.

Для полного определения векторных величин необходимо учитывать не только их числовые значения, но и направление. Число и направление – две неотъемлемые характеристики любого вектора. Если происходит изменение векторной величины, то это значит, что меняется или её числовое значение, или направление, или и то и другое вместе. Векторные величины равны только в том случае, если их модули и направления одинаковы.

С помощью физических законов, связей между физическими величинами, необходимо установить математическую связь между этими величинами. В результате получится одно или несколько уравнений, включающих в себя как заданные, так и неизвестные величины, – физическая задача сводится к математической.

Прежде чем решать составленную систему уравнений, следует убедиться в том, что число неизвестных равно числу уравнений. Решение

системы уравнений желательно начать с исключения тех неизвестных величин, которые не требуется находить по условию задачи, и следить за тем, чтобы при каждом алгебраическом действии число неизвестных уменьшалось.

9). Решение задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями. Все записи должны быть выполнены аккуратно, разборчиво. Решать задачу нужно в общем виде, то есть выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин. Ниже приведён пример оформления решения задачи. В этом примере формулы пронумерованы, что позволяет кратко и наглядно привести решение. Знак « \rightarrow » – означает подставить, « \Rightarrow » – следовательно. Можно давать и краткие, текстовые пояснения.

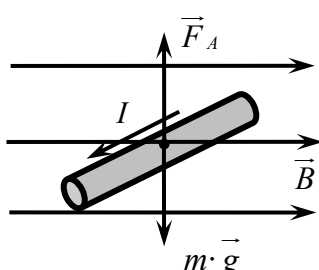
10). После получения расчетной формулы следует проверить её на соответствие размерностей.

11). Числовые значения величин (приведённые к стандартному виду) при подстановке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

12). Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений (смотрите «Особенности расчетов при решении физических задач» в приложении). При анализе условия задачи на наличие «скрытых» данных приходится использовать справочные данные. В приложении приведены все необходимые для решения задач табличные величины, а также сведения из математики которые будут полезны в процессе выполнения математического этапа решения (в процессе математических преобразований).

Пример оформления решения задачи

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

<p>Дано:</p> <p>$d = 0,1 \text{ мм}$</p> <p>$B = 20 \text{ мТл}$</p> <p>$\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$</p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p>$I = ?$</p>	<p>СИ</p> <p>10^{-4} м</p> <p>$2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$</p>	<p>Решение:</p> 
--	--	---

$$m \cdot g = F_A \quad (1);$$

$$F_A = B \cdot I \cdot l \quad (2),$$

Т.к. $\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1$

$$m = \rho \cdot V \quad (3),$$

$$V = l \cdot S \quad (4),$$

$$S = \pi \cdot d^2 / 4 \quad (5).$$

(5), (4) \rightarrow (3):

$$m = \rho \cdot l \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \quad (6).$$

(6), (2) \rightarrow (1):

$$\rho \cdot l \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot g = B \cdot I \cdot l$$

$$\Rightarrow I = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho \cdot g}{4 \cdot B}.$$

$$\left[I \right] = \frac{[d^2] \cdot [\rho] \cdot [g]}{[B]} = \frac{\text{м}^2 \cdot (\text{кг}/\text{м}^3) \cdot (\text{м}/\text{с}^2)}{\text{Тл}} =$$

$$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Тл} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{Тл} \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{кг}}{(\text{Н}/\text{А} \cdot \text{м}) \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{кг}}{(\text{кг} \cdot \text{А} \cdot \text{с}^2) \cdot \text{с}^2} = \text{А}$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho \cdot g}{4 \cdot B} = \frac{3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 7,8 \cdot 10^3 \cdot 9,8}{4 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 0,03 \text{ (А)}$$

Ответ: 0,03 А.

**1.4.1. Индивидуальные домашние задания для студентов
технических направлений подготовки дневной формы обучения**

Для студентов изучающих физику в течение двух семестров

Таблица 4

ИДЗ №1

№ вариан- та	Индивидуальное домашнее задание №1 (ИДЗ № 1) «МЕХАНИКА»				
	Номера задач				
1.	1	31	61	76	91
2.	2	32	62	77	92
3.	3	33	63	78	93
4.	4	34	64	79	94
5.	5	35	65	80	95
6.	6	36	66	81	96
7.	7	37	67	82	97
8.	8	38	68	83	98
9.	9	39	69	84	99
10.	10	40	70	85	100
11.	11	41	71	86	101
12.	12	22	42	66	72
13.	13	23	43	67	73
14.	14	24	44	68	74
15.	15	25	45	69	75
16.	3	16	46	70	76
17.	6	17	47	74	77
18.	7	18	48	78	81
19.	19	37	49	79	82
20.	20	36	50	80	83
21.	21	35	51	81	84
22.	18	22	52	82	88
23.	17	23	53	83	89
24.	16	24	54	84	90
25.	15	25	55	85	91
26.	14	26	56	86	92
27.	13	27	57	87	93
28.	12	28	58	88	94
29.	11	29	59	89	95
30.	10	30	60	90	96

ИДЗ №2

№ варианта	ИДЗ № 2 «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА»				
	Номера задач				
1.	103	118	137	147	163
2.	104	119	138	148	164
3.	105	120	139	149	165
4.	106	121	140	150	166
5.	107	122	141	151	167
6.	108	123	142	152	168
7.	109	124	143	153	169
8.	110	125	144	154	170
9.	111	126	145	155	171
10.	112	127	146	156	172
11.	113	128	147	157	173
12.	114	129	148	158	174
13.	115	130	149	159	175
14.	116	131	150	160	176
15.	117	132	151	161	177
16.	117	133	152	162	178
17.	116	134	153	163	179
18.	115	135	154	164	180
19.	114	136	155	165	169
20.	113	129	156	166	170
21.	112	130	157	167	171
22.	111	131	158	168	172
23.	110	132	159	169	173
24.	109	133	160	170	174
25.	108	134	161	171	175
26.	107	135	162	172	176
27.	106	136	153	173	177
28.	105	121	147	174	178
29.	104	122	148	175	179
30.	103	123	149	176	180

Таблица 6

ИДЗ №3

№ варианта	ИДЗ № 3 «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»				
	Номера задач				
1.	182	201	219	237	255
2.	183	202	220	238	256
3.	184	203	221	239	257
4.	185	204	222	240	258
5.	186	205	223	241	259
6.	187	206	224	242	260
7.	188	207	225	243	261
8.	189	208	226	244	262
9.	190	209	227	245	263
10.	191	210	228	246	264
11.	192	211	229	247	265
12.	193	212	230	248	266
13.	194	213	231	249	267
14.	195	214	232	250	268
15.	196	215	233	251	269
16.	198	216	234	252	270
17.	199	217	235	253	256
18.	200	218	236	254	257
19.	194	220	232	239	258
20.	193	221	233	240	259
21.	192	222	234	241	260
22.	191	223	235	242	261
23.	190	224	236	243	262
24.	189	225	237	244	263
25.	188	226	238	245	264
26.	187	227	239	246	265
27.	186	228	240	247	266
28.	185	229	241	248	267
29.	184	230	242	249	268
30.	183	231	243	250	269

Таблица 7

ИДЗ №4

№ варианта	ИДЗ № 4 «МАГНИТИЗМ»				
	Номера задач				
1.	271	286	301	316	331
2.	272	287	302	317	332
3.	273	288	303	318	333
4.	274	289	304	319	334
5.	275	290	305	320	335
6.	276	291	306	321	336
7.	277	292	307	322	337
8.	278	293	308	323	338
9.	279	294	309	324	339
10.	280	295	310	325	340
11.	281	296	311	326	341
12.	282	297	312	327	342
13.	283	298	313	328	343
14.	284	299	314	329	344
15.	285	300	315	330	345
16.	276	294	306	334	346
17.	277	293	307	333	347
18.	278	292	308	332	335
19.	279	291	309	331	336
20.	280	290	310	320	337
21.	281	289	311	321	338
22.	282	288	312	322	339
23.	283	287	313	323	340
24.	284	286	314	324	341
25.	285	300	315	325	342
26.	299	305	316	326	343
27.	298	304	317	327	344
28.	297	303	318	328	345
29.	296	302	319	329	346
30.	295	301	320	330	347

ИДЗ №5

№ варианта	ИДЗ № 5 «КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. ОПТИКА»				
	Номера задач				
1.	348	363	378	408	453
2.	349	364	379	409	454
3.	350	365	380	410	455
4.	351	366	381	411	456
5.	352	367	382	412	457
6.	353	368	383	413	458
7.	354	369	384	414	459
8.	355	370	385	415	460
9.	356	371	386	416	461
10.	357	372	387	417	462
11.	358	373	388	418	463
12.	359	374	389	419	464
13.	360	375	390	420	465
14.	361	376	392	421	466
15.	362	377	392	422	467
16.	377	393	423	438	468
17.	394	424	439	469	483
18.	395	425	440	470	484
19.	396	426	441	471	485
20.	397	427	442	472	486
21.	398	428	443	473	487
22.	399	429	444	474	488
23.	400	430	445	475	489
24.	401	431	446	476	490
25.	402	432	447	477	491
26.	403	433	448	478	492
27.	404	434	449	479	493
28.	365	405	435	450	480
29.	364	406	436	451	481
30.	363	407	437	452	482

ИДЗ №6

№ варианта	ИДЗ № 6 «ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ, АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ»				
	Номера задач				
1.	494	524	540	587	602
2.	495	525	541	588	603
3.	496	526	542	589	604
4.	497	527	543	590	605
5.	498	528	544	591	606
6.	499	529	545	592	607
7.	500	530	546	593	608
8.	501	531	547	594	609
9.	502	532	548	595	610
10.	503	533	549	596	611
11.	504	534	550	597	612
12.	505	535	553	598	613
13.	506	536	554	599	614
14.	507	537	555	600	615
15.	508	538	556	601	616
16.	509	539	557	572	617
17.	510	540	558	573	618
18.	511	541	559	574	619
19.	512	542	560	575	620
20.	513	543	561	576	621
21.	514	544	562	577	622
22.	515	545	563	578	623
23.	516	546	564	579	624
24.	517	547	565	580	625
25.	518	548	566	581	626
26.	519	549	567	582	627
27.	520	550	568	583	628
28.	521	551	569	584	629
29.	522	552	570	585	630
30.	496	523	553	571	586

Для студентов изучающих физику в течение одного семестра

Таблица 10

ИДЗ №1

№ варианта	ИДЗ № 1 «МЕХАНИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ»					
	Номера задач					
1.	3	46	117	155	181	231
2.	4	47	119	156	182	232
3.	5	50	120	157	183	234
4.	11	51	121	158	184	239
5.	12	52	122	159	185	240
6.	13	53	124	160	186	243
7.	14	54	126	161	191	246
8.	15	55	130	162	192	247
9.	16	66	131	163	193	248
10.	17	67	132	164	194	258
11.	18	68	133	165	195	260
12.	20	69	134	166	196	274
13.	22	70	135	168	197	275
14.	23	74	136	169	202	278
15.	24	76	138	170	203	281
16.	25	77	140	171	204	286
17.	26	81	141	172	205	287
18.	27	82	142	173	208	297
19.	28	83	143	174	210	304
20.	29	84	144	175	211	305
21.	30	85	145	176	212	306
22.	31	86	146	177	213	311
23.	32	87	147	178	214	312
24.	33	90	148	179	215	314
25.	34	91	149	180	218	315
26.	35	92	150	154	220	317
27.	38	93	151	155	221	328
28.	39	94	152	156	222	330
29.	40	95	153	157	226	337
30.	41	97	154	158	227	338

ИДЗ №2

№ варианта	ИДЗ № 2 «КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. ОПТИКА. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ, АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ»					
	Номера задач					
1.	404	457	499	539	584	601
2.	405	458	505	540	585	602
3.	406	459	506	541	586	603
4.	407	460	507	542	587	604
5.	408	461	510	543	588	605
6.	409	462	511	544	589	606
7.	410	463	512	545	590	607
8.	412	464	514	546	591	608
9.	415	465	515	547	592	609
10.	416	466	516	548	593	610
11.	417	467	517	549	594	611
12.	418	468	519	550	595	612
13.	421	469	520	551	596	613
14.	422	470	521	552	597	614
15.	439	471	522	553	598	615
16.	440	473	523	554	599	616
17.	441	475	524	555	600	617
18.	442	476	525	543	556	618
19.	443	478	526	544	557	619
20.	444	479	527	545	558	620
21.	445	480	528	546	559	621
22.	446	484	529	547	560	622
23.	447	485	530	548	561	623
24.	448	487	531	549	562	624
25.	449	491	532	550	563	625
26.	450	494	533	551	564	626
27.	453	495	534	552	565	627
28.	439	454	496	535	553	628
29.	440	455	497	536	554	629
30.	441	456	498	537	555	630

1.4.2. Варианты контрольных работ для студентов заочников

Студенты, изучающие физику в течение 3 семестров, выполняют по одной контрольной работе в семестр. Студенты, изучающие физику в течение двух семестров, выполняют в первом семестре контрольную работу №1 и первые четыре задачи из контрольной работы №2, во втором семестре – вторую половину задач из контрольной работы № 2 и контрольную работу №3. Студенты, изучающие физику в течение одного семестра (направление подготовки – 230700 «Прикладная информатика») выполняют контрольную работу, состоящую из 12 задач (для этого нужно выбрать 4 любых задачи из каждой контрольной работы).

Таблица 12

Контрольная работа №1 (по схеме 1)

№ варианта	Номера задач							
	1.	1	21	41	61	81	93	129
2.	3	23	43	63	82	95	130	148
3.	5	25	45	65	83	97	131	149
4.	7	27	47	67	84	111	132	150
5.	9	29	49	69	85	117	133	151
6.	11	31	51	71	86	119	134	152
7.	13	33	53	73	87	120	135	153
8.	15	35	55	75	88	121	136	154
9.	17	37	57	77	89	126	143	169
0.	19	39	59	79	91	127	144	170

Таблица 12

Контрольная работа №2 (по схеме 1)

№ варианта	Номера задач							
	1.	181	201	221	241	261	281	301
2.	183	203	223	243	263	283	303	327
3.	185	205	225	245	265	285	305	329
4.	187	207	227	247	267	287	307	331
5.	189	209	229	249	269	289	309	333
6.	191	211	231	251	271	291	311	337
7.	193	213	233	253	273	293	313	339
8.	195	215	235	255	275	295	315	340
9.	197	217	237	257	277	297	317	341
0.	199	219	239	259	279	299	319	343

Таблица 13

Контрольная работа №3 (по схеме 1)

№ варианта	Номера задач							
1.	348	368	404	456	498	525	554	598
2.	349	369	405	458	499	528	556	599
3.	350	370	408	461	502	529	557	600
4.	351	371	409	462	503	530	558	605
5.	352	372	410	463	506	532	560	606
6.	353	373	412	464	507	533	561	610
7.	354	374	417	465	511	534	562	612
8.	355	375	421	470	512	536	563	614
9.	356	376	425	473	513	539	564	616
0.	357	377	428	474	514	540	565	615

Таблица 14

Контрольная работа №1 (по схеме 2)

№ варианта	Номера задач							
1.	182	202	222	242	262	282	302	328
2.	184	204	224	244	264	284	304	330
3.	186	206	226	246	266	286	306	332
4.	188	208	228	248	268	288	308	334
5.	190	210	230	250	270	290	310	338
6.	192	212	232	252	272	292	312	340
7.	194	214	234	254	274	294	314	344
8.	196	216	236	256	276	296	316	345
9.	198	218	238	258	278	298	318	346
0.	200	220	240	260	280	300	320	347

Таблица 15

Контрольная работа №2 (по схеме 2)

№ варианта	Номера задач							
1.	178	200	214	221	235	252	263	281
2.	177	201	215	222	236	253	264	280
3.	176	202	216	223	237	254	265	284
4.	175	190	203	225	238	255	267	286
5.	174	191	204	226	239	256	269	287
6.	173	192	206	227	240	257	270	290
7.	172	193	217	228	241	258	271	291
8.	171	194	218	229	242	259	272	294
9.	170	196	219	230	243	260	273	296
0.	169	199	220	231	245	261	274	297

Таблица 16

Контрольная работа №3 (по схеме 2)

№ варианта	Номера задач							
1.	358	378	439	476	515	541	577	592
2.	359	379	440	479	516	542	578	593
3.	360	380	441	481	517	543	579	594
4.	361	381	442	482	518	544	580	595
5.	362	382	443	484	519	546	581	619
6.	363	383	444	487	520	548	583	620
7.	364	384	445	494	521	549	585	624
8.	365	386	447	495	522	550	586	626
9.	366	387	448	496	523	551	587	627
0.	367	390	453	497	524	552	588	630

1.4.3. Примерный перечень экзаменационных вопросов

- 1). Предмет физики. Методы физического исследования: опыт, гипотеза, эксперимент, теория. Международная система единиц (СИ). Механика, её разделы. Механическое движение, система отсчета. Путь и перемещение.
- 2). Прямолинейное равномерное, равнопеременное движение и движение с переменным ускорением.
- 3). Свободное падение. Движение тела брошенного горизонтально, под углом α к горизонту, движение пикирующего тела.
- 4). Равномерное, равнопеременное и переменное движение по окружности. Аналогия между параметрами и уравнениями поступательного движения и движения по окружности.
- 5). Инерциальные системы отчёта. Масса и импульс тела. Сила. Законы Ньютона.
- 6). Силы в механике. Сила тяжести и вес тела. Сила упругости. Закон Гука. Сила трения.
- 7). Законы сохранения импульса и движения центра масс. Уравнение движения тела переменной массы. Механическая работа и мощность.
- 8). Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения энергии. Удар абсолютно упругих и неупругих тел.
- 9). Вращательное движение твёрдого тела. Момент инерции тела относительно оси вращения. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия тела при вращении.
- 10). Уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела. Закон сохранения момента импульса. Аналогия в описании поступательного и вращательного движений.
- 11). Законы Кеплера. Закон Всемирного тяготения. Гравитационное поле и его характеристики. Космические скорости.
- 12). Давление в жидкости и газе. Закон Паскаля и закон Архимеда. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли и его применение.
- 13). Преобразования Галилея. Механический принцип относительности. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Основные законы релятивистской механики.
- 14). Неинерциальные системы отчёта. Силы инерции. Принцип эквивалентности Эйнштейна.
- 15). Статистический и динамический методы исследования. Идеальный газ. Шкала Цельсия и термодинамическая шкала. Основные понятия молекулярно – кинетической теории. Закон Дальтона.
- 16). Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов. Уравнение состояния идеального газа. Средняя квадратичная

скорость и средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы идеального газа. Изопроцессы в идеальном газе.

17). Распределение молекул по скоростям. Закон Максвелла. Барометрическая формула.

18). Больцмановское распределение частиц в потенциальном поле. Закон Максвелла-Больцмана. Экспериментальный метод определения числа Авогадро.

19). Эффективный диаметр молекулы. Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекулы.

20). Явления переноса в термодинамически неравновесных системах. Основные представления о свойствах разреженных газов (разреженный газ; вакуум; практические примеры получения разрежения; свойства ультраразреженных газов).

21). Внутренняя энергия системы. Работа. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.

22). Степени свободы молекул. Закон Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Теплоёмкости. Уравнение Майера.

23). Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Адиабатный и политропный процессы.

24). Круговой процесс и его термический КПД. Обратимые и необратимые процессы. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно.

25). Второе начало термодинамики. Приведенное количество теплоты. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Свойства энтропии. Закон возрастания энтропии в замкнутых системах. Изменение энтропии.

26). Статистический смысл второго начала термодинамики. Связь энтропии с термодинамической вероятностью.

27). Критерии различных агрегатных состояний вещества. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы. Критические состояния.

28). Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона.

29). Свойства жидкостей, поверхностное натяжение. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления.

30). Кристаллические и аморфные твёрдые тела. Типы кристаллических твёрдых тел. Дефекты в кристаллах.

31). Теплоёмкость твёрдых тел. Испарение, сублимация, конденсация, плавление и кристаллизация.

32). Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.

33). Напряжённость электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей. Поле электрического диполя.

- 34). Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме и её применение к расчёту полей. Работа перемещения заряда в электрическом поле.
- 35). Потенциальная энергия заряда. Потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции для потенциалов. Разность потенциалов. Связь между напряжённостью и потенциалом. Эквипотенциальные поверхности.
- 36). Вычисление разности потенциалов для заряженной бесконечной плоскости; разноимённо заряженных параллельных плоскостей; для сферической поверхности; объёмно заряженного шара; заряженного бесконечного цилиндра.
- 37). Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков и её виды. Поляризованность и диэлектрическая восприимчивость вещества. Поле в диэлектрике.
- 38). Поток вектора электрического смещения. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Условия на границе раздела двух диэлектрических сред.
- 39). Сегнетоэлектрики и их свойства.
- 40). Электрический ток и его характеристики. Основные законы электрического тока в классической теории электропроводности металлов. Недостатки классической теории электропроводности металлов. Эмиссионные явления.
- 41). Электрический ток в металлах. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца. Последовательное и параллельное соединение проводников. Правила Кирхгофа.
- 42). Проводимость и удельная проводимость проводников. Зависимость сопротивления от температуры, сверхпроводимость. Сопротивление проводников. Закон Ома.
- 43). Сторонние силы. Электродвижущая сила и напряжение.
- 44). Проводники в электростатическом поле. Электрический ток в газах. Самостоятельный и несамостоятельный газовый разряды. Типы самостоятельного разряда. Ток в жидкостях. Электролиз.
- 45). Энергия системы зарядов, уединённого проводника, заряженного конденсатора. Энергия электростатического поля. Электроёмкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.
- 46). Магнитное поле и его характеристики. Принцип суперпозиции.
- 47). Закон Био–Савара–Лапласа и его применение к расчёту полей.
- 48). Закон Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле.
- 49). Эффект Холла. Теорема о циркуляции вектора \vec{B} . Магнитный поток. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.

- 50). Явление электромагнитной индукции. Основной закон электромагнитной индукции. Явление самоиндукции.
- 51). Токи при размыкании и замыкании цепи. Взаимная индукция. Трансформаторы. Энергия магнитного поля.
- 52). Магнитные свойства вещества. Диа- и парамагнетизм. Намагниченность. Ферромагнетики.
- 53). Вихревое электрическое поле. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля.
- 54). Гармонические колебания. Пружинный, математический и физический маятники.
- 55). Сложение колебаний одного направления и одинаковой частоты. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Свободные затухающие колебания и их анализ. Вынужденные колебания. Резонанс.
- 56). Свободные колебания в идеализированном колебательном контуре. Вынужденные колебания. Переменный ток. Резонанс напряжений и токов. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.
- 57). Волновые процессы. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Фазовая скорость. Волновое уравнение. Принцип суперпозиции. Групповая скорость. Стоячие волны. Электромагнитные волны.
- 58). Законы геометрической оптики. Полное отражение. Зеркала. Линзы и их основные характеристики.
- 59). Интерференция и дифракция световых волн. Дифракционная решётка.
- 60). Пространственная решётка. Рассеивание света. Дифракция рентгеновского излучения на кристалле. Формула Вульфа-Брегга. Разрешающая способность оптических приборов.
- 61). Нормальная и аномальная дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Поглощение (абсорбция) света.
- 62). Поляризация света. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков. Двойное лучепреломление.
- 63). Искусственная оптическая анизотропия. Эффект Керра. Вращение плоскости поляризации.
- 64). Квантовая природа излучения. Тепловое излучение и его характеристики. Закон Кирхгофа. Законы Стефана – Больцмана и Вина. Формулы Рэлея — Джинса и Планка. Гипотеза Планка.
- 65). Фотоэффект. Давление излучения. Эффект Комптона.
- 66). Волновые свойства микрочастиц. Дифракция электронов. Волновая функция. Соотношение неопределённостей Гейзенберга. Общее уравнение Шредингера.

- 67). Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Принцип причинности в квантовой механике. Примеры решений уравнения Шредингера.
- 68). Спин электрона. Спиновое квантовое число. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны.
- 69). Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома. Постулаты Бора.
- 70). Атом водорода. Линейчатые спектры. Атом водорода в квантовой механике.
- 71). Периодический закон Менделеева. Рентгеновское излучение. Закон Мозли. Лазеры.
- 72). Состав атомных ядер. Изотопы, изобары и изотоны. Энергия связи ядер.
- 73). Радиоактивность. Радиоактивные излучения и его виды.
- 74). Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции.
- 75). Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия.

Для каждой группы (потока) преподаватель составляет перечень экзаменационных вопросов. Выше приведён примерный перечень экзаменационных вопросов для студентов технических направлений подготовки.

Глава 2. Учебные материалы по курсу общей физики

2.1. Основные формулы

2.1.1. Механика

Кинематика

Поступательное движение

1. Кинематическое уравнение движения материальной точки (центра масс твердого тела) вдоль оси x :

$$x = f(t),$$

где $f(t)$ – некоторая функция времени.

2. Средняя скорость перемещения

$$\langle v_x \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t},$$

где Δx – перемещение материальной точки за интервал времени Δt .

3. Средняя путевая скорость

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

где ΔS – путь, пройденный точкой за интервал Δt . Путь ΔS , в отличие от разности координат $\Delta x = x_2 - x_1$, не может убывать и принимать отрицательные значения, т.е. $\Delta S \geq 0$. Поэтому $\langle v \rangle \geq |\langle v_x \rangle|$.

4. Уравнения равномерного движения:

$$\vec{r} = \vec{v} \cdot t; \quad S = v \cdot t; \quad x = x_0 + v \cdot t; \quad v_x = const; \quad a = 0.$$

5. Если, $a > 0$ – движение равноускоренное; $a < 0$ – равнозамедленное.

Важнейшие формулы равноускоренного движения ($a = const$):

$$v_{cp} = \frac{S}{t};$$

$$v_{cp} = \frac{v_0 + v}{2};$$

$$a = \frac{v - v_0}{t};$$

$$v = v_0 + a \cdot t;$$

$$S = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2};$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a};$$

$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}.$$

6. Мгновенная скорость

$$v_x = \frac{dx}{dt},$$

где $\frac{dx}{dt}$ – проекция скорости на координатную ось.

7. Среднее ускорение

$$\langle a_x \rangle = \Delta v_x / \Delta t.$$

8. Мгновенное ускорение

$$a_x = \frac{dv_x}{dt},$$

где $\frac{dv_x}{dt}$ – проекция скорости на координатную ось.

9. Путь, пройденный точкой за промежуток времени от t_1 до t_2

$$S = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt.$$

10. Если известно $a = a(t)$, то:

$$v = v_0 + \int_0^t a dt.$$

Вращательное движение

11. Кинематическое уравнение движения материальной точки по окружности:

$$\varphi = f(t); \quad r = R = \text{const},$$

где R – радиус окружности.

12. Между параметрами и уравнениями кинематики прямолинейного движения и движения по окружности вокруг оси или центра вращения существует аналогия (таблицы 17, 18).

Таблица 17

Аналогия между параметрами

Путь S (м)	Угол φ (рад)
Скорость v (м/с)	Угловая скорость ω (рад/с)
Ускорение a (м/с ²)	Угловое ускорение ε (рад/с ²)
Время t (с)	Время t (с)

Аналогия между уравнениями

Равномерное движение	
Прямолинейное	По окружности
$v = \frac{S}{t}$	$\omega = \frac{\varphi}{t}$
Равнопеременное движение	
Прямолинейное	По окружности
$v_{\text{cp}} = \frac{S}{t}$	$\omega_{\text{cp}} = \frac{\varphi}{t}$
$v_{\text{cp}} = \frac{v_0 + v}{2}$	$\omega_{\text{cp}} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$
$v = v_0 + a \cdot t$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$
$S = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$	$\varphi = \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$
$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a}$	$\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2 \cdot \varepsilon}$

13. Связь частоты вращения n , периода вращения T и угловой скорости ω

$$T = \frac{1}{n}; \quad \omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}.$$

14. Быстроту изменения скорости при криволинейном движении характеризуют тангенциальным a_τ , нормальным a_n и полным a ускорениями.

$\vec{a}_\tau \perp \vec{a}_n$ всегда (рис. 25).

15. Полное ускорение равно векторной сумме тангенциального и нормального ускорений

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau.$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}.$$

16. Угол между векторами полного ускорения \vec{a} и нормального \vec{a}_n (рис. 25)

$$\beta = \arccos \frac{a_n}{a}.$$

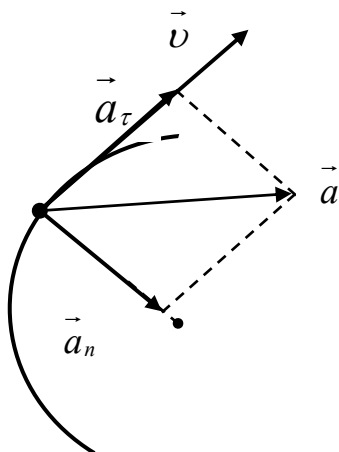


Рис. 25. Векторы тангенциального, нормального и полного ускорения точки

17. Тангенциальное ускорение

$$a_{\tau} = \varepsilon \cdot R .$$

18. Нормальное (центростремительное) ускорение

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R .$$

19. Связь между линейной и угловой скоростью

$$v = \omega \cdot R .$$

20. Угловая скорость

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} ,$$

где $d\varphi$ – изменение угла поворота за интервал времени dt .

21. Угловое ускорение

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} .$$

22. Если известна зависимость $\omega = \omega(t)$, то

$$\varphi = \varphi_0 + \int_0^t \omega dt .$$

23. Если известна зависимость $\varepsilon = \varepsilon(t)$, то

$$\omega = \omega_0 + \int_0^t \varepsilon dt .$$

Колебательное движение

24. Уравнение гармонических колебаний материальной точки:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi),$$

где x – смещение колеблющейся точки от положения равновесия; A – амплитуда колебаний; ω – угловая или циклическая частота; φ – начальная фаза.

25. Скорость материальной точки, совершающей гармонические колебания,

$$v = \frac{dx}{dt} = A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \varphi).$$

26. Ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания,

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = A \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t + \varphi).$$

27. Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты:

а) амплитуда результирующего колебания

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)};$$

б) начальная фаза результирующего колебания

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 - A_2 \cos \varphi_2}.$$

28. Уравнения, описывающие траекторию точки, участвующей в двух взаимно перпендикулярных колебаниях:

$$x = A_1 \cos \omega t, \quad y = A_2 \cos(\omega t + \varphi),$$

а) $y = \frac{A_2}{A_1} \cdot x$ (если разность фаз $\varphi = 0$);

б) $y = \frac{A_1}{A_2} \cdot x$ (если разность фаз $\varphi = \pm \pi$);

в) $\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$ (если разность фаз $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$).

29. Уравнение плоской бегущей волны:

$$y = A \cdot \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right),$$

где y – смещение любой точки из точек среды с координатой x в момент t ;

v – скорость распространения колебания в среде.

30. Длина волны

$$\lambda = v \cdot T,$$

где v – длина волны.

31. Связь разности фаз $\Delta\phi$ колебаний с расстоянием Δx между точками среды, отсчитанными в направлении распространения колебаний:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta x,$$

где λ – длина волны.

32. Кинетическая энергия вращающегося тела

$$E_k = \frac{I \cdot \omega^2}{2},$$

где I – момент инерции тела; ω – угловая скорость тела.

33. Потенциальная энергия растянутой (или сжатой) пружины

$$E_{II} = \frac{k \cdot x^2}{2},$$

где k – жесткость; x – отклонение колеблющейся точки от положения равновесия.

34. Полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания,

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot A^2 \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot A^2,$$

где m – масса точки; A – амплитуда колебаний; ω – круговая (циклическая) частота; k – коэффициент квазиупругой силы ($k = m \cdot \omega^2$).

35. Период колебаний тела, подвешенного на пружине (пружинный маятник),

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{m/k},$$

где m – масса тела; k – жесткость пружины.

Формула справедлива для упругих колебаний в пределах, в которых выполняется закон Гука.

36. Период колебаний математического маятника

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{l / g},$$

где l – длина маятника; g – ускорение свободного падения.

37. Период колебаний физического маятника

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot l}},$$

где I – момент инерции колеблющегося тела относительно его оси колебаний; m – масса маятника; l – расстояние от центра масс маятника до оси колебаний; $L = \frac{I}{m \cdot a}$ – приведенная длина физического маятника; a – расстояние центра масс маятника от оси колебаний; g – ускорение свободного падения.

38. Уравнение затухающих колебаний

$$x = A_0 \cdot e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi),$$

где $\delta = \frac{r}{2 \cdot m}$ – коэффициент затухания, r – коэффициент сопротивления, m – масса маятника.

39. Период затухающих колебаний

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{(\omega_0^2 - \delta^2)}}.$$

40. Логарифмический коэффициент затухания

$$\chi = \delta \cdot T.$$

Динамика

Поступательное движение

41. Импульс материальной точки массой m , движущейся поступательно со скоростью v ,

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$$

42. Второй закон Ньютона

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \text{ при } m = \text{const и } v \ll c.$$

Или в более общем виде:

$$dp = F dt,$$

где F – результирующая сила, действующая на материальную точку.

43. Силы, рассматриваемые в механике:

а) сила упругости

$$F = -kx,$$

где k – коэффициент упругости (в случае пружины – жёсткость); x – абсолютная деформация;

Связь между напряжением и деформацией (закон Гука) для любых малых объёмов вещества

$$\sigma = E \cdot \varepsilon,$$

где E – модуль Юнга, ε – относительное удлинение $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$.

б) сила тяжести

$$F = m \cdot g;$$

в) сила гравитационного взаимодействия

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

где G – гравитационная постоянная; m_1 и m_2 – массы взаимодействующих тел; r – расстояние между телами (тела рассматриваются как материальные точки). В случае гравитационного взаимодействия силу можно выразить также через напряженность G гравитационного поля:

$$F = m \cdot G;$$

г) сила трения (скольжения)

$$F = \mu \cdot N;$$

где μ – коэффициент трения; N – сила нормального давления.

44. Закон сохранения импульса:

$$\sum_{i=1}^N \vec{P}_i = \text{const},$$

для двух тел ($i = 2$)

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{u}_1 + m_2 \cdot \vec{u}_2,$$

где \vec{v}_1 и \vec{v}_2 – скорости тел в момент времени, принятый за начальный; \vec{u}_1 и \vec{u}_2 – скорости тех же тел в момент времени, принятый за конечный.

45. При неупругом центральном ударе двух тел с массами m_1 и m_2 общая скорость движения этих тел после удара может быть найдена по формуле:

$$u = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2},$$

где v_1 – скорость первого тела до удара; v_2 – скорость второго тела до удара.

46. При упругом центральном ударе тела будут двигаться с различными скоростями. Скорость первого тела после удара

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2) \cdot v_1 + 2 \cdot m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}.$$

Скорость второго тела после удара

$$u_2 = \frac{(m_2 - m_1) \cdot v_2 + 2 \cdot m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$$

47. Кинетическая энергия тела, движущегося поступательно

$$T = \frac{m \cdot v^2}{2} \text{ или } T = \frac{P^2}{2 \cdot m}.$$

48. Потенциальная энергия:

а) упругодеформированной пружины

$$П = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2,$$

где k – жесткость пружины; x – абсолютная деформация;

б) гравитационного взаимодействия

$$П = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r},$$

где G – гравитационная постоянная; m_1 и m_2 – массы взаимодействующих тел; r – расстояние между ними (тела рассматриваются как материальные точки);

в) тела, находящегося в однородном поле силы тяжести,

$$П = m \cdot g \cdot h,$$

где g – ускорение свободного падения; h – высота тела над уровнем, принятым за нулевое. Формула справедлива при условии $h \ll R$, где R – радиус Земли.

49. Закон сохранения механической энергии:

$$E = T + \Pi = \text{const.}$$

50. Работа A , совершаемая внешними силами над телом,

$$A = F \cdot S \cos \alpha ,$$

где F – сила, приложенная к телу; S – пройденный путь; α – угол между направлением силы и направлением перемещения тела.

В общем случае Работа силы \vec{F} на пути s может быть выражена формулой

$$A = \int_s F_s ds,$$

где F_s – проекция силы на элементарное перемещение ds , ds – длина элементарного перемещения.

51. Работа A , совершаемая внешними силами над телом, определяется как мера изменения энергии системы:

$$A = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2} = -\Delta E_n = -(E_{n2} - E_{n1}).$$

52. Средняя мощность за интервал времени Δt

$$N = \Delta A / \Delta t .$$

53. Мгновенная мощность

$$N = \frac{dA}{dt},$$

или

$$N = F \cdot v \cos \alpha .$$

54. КПД механизма

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} \cdot 100\% = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{зат}}} \cdot 100\% .$$

55. Формула Циолковского

$$v = u \cdot \lg \frac{m_c}{m_c - \mu \cdot t},$$

где v – скорость ракеты в момент времени t , u – скорость истечения продуктов сгорания (газов), m_c – стартовая масса ракеты, μ – массовый расход топлива.

Динамика твердого тела

56. Чтобы невращающееся тело находилось в равновесии, необходимо, чтобы равнодействующая всех сил, приложенных к телу, была равна нулю

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0.$$

57. Правило моментов: тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех приложенных к телу сил относительно этой оси равна нулю:

$$M_1 + M_2 + \dots = 0.$$

58. Момент силы относительно неподвижной точки O – физическая величина, определяемая произведением радиуса-вектора \vec{r} , проведённого из точки O в точку A приложения силы, на силу \vec{F} (рис. 26)

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}].$$

Модуль вектора момента силы $M = F \cdot r \sin \alpha = F \cdot d$.

Кратчайшее расстояние между линией действия силы и точкой O – плечо силы $r \sin \alpha = d$.

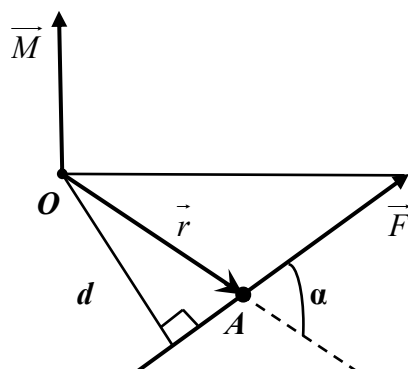


Рис. 26. Момент силы \vec{M}

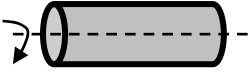
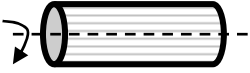
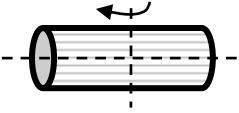

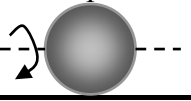
59. Моментом инерции тела относительно оси вращения называется сумма произведений элементарных масс на квадрат расстояния от оси вращения

$$J = \sum_{i=1}^n \Delta m_i \cdot r_i^2.$$

60. Теорема Штейнера: момент инерции тела J относительно любой оси вращения равен моменту инерции J_C относительно параллельной оси, проходящей через центр масс C тела, сложенному с произведением массы m тела на квадрат расстояния a между осями

$$J = J_C + m \cdot a^2.$$

Моменты инерции однородных тел

Тело	Положение оси вращения	Значение момента инерции
Обруч, кольцо, тонкостенный цилиндр	Ось симметрии перпендикулярна плоскости торца 	$J = m \cdot R^2$
Сплошной цилиндр, диск	Ось симметрии перпендикулярна торцу 	$J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2$
Стержень	Ось перпендикулярна стержню и проходит через середину 	$J = \frac{1}{12} \cdot m \cdot l^2$
Стержень	Ось перпендикулярна стержню и проходит через конец 	$J = \frac{1}{3} \cdot m \cdot l^2$
Твердый сплошной шар	Ось, проходящая через центр масс 	$J = \frac{2}{5} \cdot m \cdot R^2$

61. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси,

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2.$$

62. Кинетическая энергия при плоском движении складывается из энергии поступательного движения со скоростью центра инерции тела и энергии вращения вокруг оси, проходящей через центр инерции

$$E_{пл} = \frac{m \cdot v_C^2}{2} + \frac{J \cdot \omega^2}{2}.$$

63. Основное уравнение динамики вращательного движения

$$M_z = J_z \cdot \varepsilon,$$

или

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}.$$

64. Момент импульса тела, вращающегося относительно неподвижной оси

$$L_z = J_z \cdot \omega.$$

65. Закон сохранения момента импульса: момент импульса замкнутой системы сохраняется, то есть не изменяется с течением времени

$$\vec{L} = const; J_1 \cdot \omega_1 = J_2 \cdot \omega_2.$$

Гидродинамика

66. Сила Архимеда

$$F_A = \rho \cdot V \cdot g,$$

где ρ – плотность жидкости; V – объем тела, погруженного в жидкость; g – ускорение свободного падения.

67. Гидростатическое давление

$$p = \rho \cdot g \cdot h,$$

где h – высота столба жидкости.

68. Уравнение неразрывности струи

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2,$$

где S_1 и S_2 – площади поперечного сечения трубки тока в двух местах; v_1 и v_2 – соответствующие скорости течений.

69. Уравнение Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости в общем случае:

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2,$$

где p_1 и p_2 – статические давления жидкости в двух сечениях трубки тока; v_1 и v_2 – скорости жидкости в этих же сечениях; $\frac{\rho \cdot v_1^2}{2}$ и $\frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$ – динамические давления жидкости в этих же сечениях; h_1 и h_2 – высоты их над некоторым уровнем; $\rho \cdot g \cdot h_1$ и $\rho \cdot g \cdot h_2$ – гидростатические давления.

Уравнение Бернулли в случае, когда оба сечения находятся на одной высоте ($h_1 = h_2$),

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}.$$

70. Сила Стокса

$$F = 6 \cdot \pi \cdot \nu \cdot \eta \cdot r,$$

где ν – скорость движения шарика, взвешенного в жидкости; η – коэффициент вязкости (динамическая вязкость); r – радиус шарика.

Элементы релятивистской механики

71. Длина тела l , движущегося со скоростью v относительно некоторой системы отсчёта, связана с длиной l_0 тела, неподвижного в этой системе. соотношением

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

72. Промежуток времени $\Delta\tau$ в системе, движущейся со скоростью v по отношению к наблюдателю, связан с промежутком времени $\Delta\tau_0$ в неподвижной для наблюдателя системе соотношением

$$\Delta\tau = \frac{\Delta\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

73. Зависимость массы тела от скорости

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

74. Релятивистское сложение скоростей

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + v_0 \cdot v' / c^2},$$

где v' – относительная скорость (скорость тела относительно системы K'); v_0 – переносная скорость (скорость системы K' относительно K);

v – абсолютная скорость (скорость тела относительно K).

75. Релятивистский импульс

$$p = \frac{m_0 \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Частица называется релятивистской, если скорость частицы сравнима со скоростью света, и классической, если $v \ll c$.

76. Энергия покоя частицы

$$E_0 = m_0 \cdot c^2.$$

77. Полная энергия релятивистской частицы

$$E = m_0 \cdot c^2 + E_k,$$

где E_k – кинетическая энергия частицы.

2.1.2. Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики

1. Количество вещества однородного газа (в молях)

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M},$$

где N – число молекул газа; N_A – постоянная Авогадро ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹); m – масса газа; M – молярная масса газа.

Если система представляет смесь из нескольких газов, то количество вещества системы

$$\nu = \nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_n = \frac{N_1}{N_A} + \frac{N_2}{N_A} + \dots + \frac{N_n}{N_A}$$

или

$$\nu = \frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} + \dots + \frac{m_n}{M_n},$$

где ν_i , N_i , m_i , M_i – соответственно количество вещества, число молекул, масса, молярная масса i -го компонента смеси.

2. Относительная молекулярная масса – отношение массы молекулы к 1/12 массы атома углерода:

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} \cdot m_{0C}}.$$

3. Молярная масса (масса одного моля вещества):

$$M = m_0 \cdot N_A; M = M_r \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль},$$

Где m_0 – масса молекулы.

4. Молярная масса смеси газов

$$M = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_i}{\nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_i},$$

где m_i - масса i -го компонента смеси; ν_i - количество вещества i -го компонента смеси; n - число компонентов смеси.

5. Массовая доля i -го компонента смеси газов (в долях единицы или в процентах)

$$\omega = \frac{m_i}{m},$$

где m - масса смеси.

6. Концентрация молекул (число молекул в единице объема)

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N_A}{m} \rho,$$

где N – число молекул, содержащихся в данной системе; ρ – плотность вещества; m – масса.

Формула справедлива не только для газов, но и для любого состояния вещества.

7. Закон Дальтона, определяющий давление смеси газов:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n,$$

где p_n – парциальное давление компонента смеси; n – число компонентов смеси.

8. Закон Авогадро: моли любых газов при одинаковых температуре и давлении занимают одинаковые объёмы.

При нормальных условиях $V_m = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$.

9. Связь температурной шкалы по Цельсию с температурной шкалой по Кельвину

$$T = t + 273^0; \Delta T = \Delta t.$$

10. Основное уравнение кинетической теории газов:

$$p = \frac{1}{3} \cdot m_0 \cdot \langle v_{\text{кв}} \rangle^2 \cdot n,$$

или

$$p = \frac{2}{3} n \langle E_{\text{к}} \rangle,$$

где $\langle E_{\text{к}} \rangle$ – средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы.

11. Уравнение Менделеева-Клапейрона (уравнение состояния идеального газа):

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T = \nu \cdot R \cdot T,$$

где m – масса газа; M – молярная масса газа; R – молярная газовая постоянная ($R = 8,31$ Дж/(моль·К)); ν – количество вещества; T – термодинамическая температура.

12. Опытные газовые законы, являющиеся частными случаями уравнения Менделеева-Клапейрона для изопроцессов:

а) закон Бойля-Мариотта (изотермический процесс: $T = \text{const}$, $m = \text{const}$)

$$p \cdot V = \text{const}$$

или для двух состояний газа

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2,$$

где p_1 и V_1 – давление и объем газа в начальном состоянии, p_2 и V_2 – те же величины в конечном состоянии;

б) закон Гей-Люссака (изобарический процесс $p = \text{const}$, $m = \text{const}$)

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

или для двух состояний газа

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2},$$

где T_1 и V_1 – температура и объем газа в начальном состоянии; T_2 и V_2 – те же величины в конечном состоянии;

в) закон Шарля (изохорический процесс $V = \text{const}$, $m = \text{const}$)

$$\frac{p}{T} = const$$

или для двух состояний газа

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2},$$

где p_1 и T_1 - давление и температура газа в начальном состоянии; p_2 и T_2 - те же величины в конечном состоянии;

г) объединенный газовый закон ($m = const$)

$$\frac{p \cdot V}{T} = const, \quad \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2},$$

где p_1, V_1, T_1 - давление, объем и температура газа в начальном состоянии; p_2, V_2, T_2 - те же величины в конечном состоянии.

13. Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы

$$E = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$

где k - постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).

14. Средняя полная кинетическая энергия молекулы

$$E_k = \frac{i}{2} \cdot k \cdot T,$$

где i - число степеней свободы молекулы.

15. Число степеней свободы молекул - число независимых переменных, полностью определяющих положение системы в пространстве. Ниже (таблица 4) приведены данные по числу степеней свободы для различных моделей молекул.

16. Зависимость давления газа от концентрации молекул и от температуры

$$p = n \cdot k \cdot T.$$

17. Скорость молекул:

среднеквадратичная

$$\langle v_{кв} \rangle = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m_0}} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M}};$$

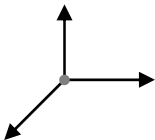
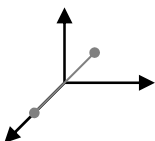
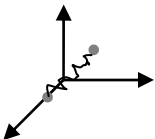
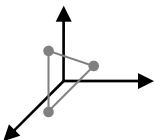
среднеарифметическая $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8 \cdot k \cdot T}{\pi \cdot m_0}} = \sqrt{\frac{8 \cdot R \cdot T}{\pi \cdot M}}$;

наиболее вероятная $v_B = \sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot T}{m_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot T}{M}}$,

где m_0 – масса одной молекулы, $v_B : \langle v \rangle : \langle v_{кв} \rangle = 1 : 1,13 : 1,22$.

Таблица 20

Число степеней свободы для различных моделей молекул

Газ	Модель газа	Число степеней свободы			
		$i_{\text{пост}}$	$i_{\text{вращ}}$	$i_{\text{колеб}}$	всего
Одноатомный	материальная точка 	3	-	-	3
Двухатомный	Две материальные точки, жёсткая связь 	3	2	-	5
Двухатомный	Две материальные точки, нежёсткая связь 	3	2	2	7
Трёхатомный, многоатомный	Три (много) атома, жёсткая связь 	3	3	-	6

18. Закон распределения молекул по скоростям (Закон Максвелла) позволяет найти число молекул ΔN , относительные скорости которых лежат в интервале от u до $u+\Delta u$

$$\Delta N = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot N \cdot e^{-u^2} \cdot u^2 \cdot \Delta u,$$

где $u = \frac{v}{v_B}$ – относительная скорость; v – данная скорость; v_B – наиболее вероятная скорость; Δu – интервал относительных скоростей, малый по сравнению со скоростью u .

19. Барометрическая формула даёт закон убывания газа с высотой в поле силы тяжести:

$$p = p_0 \cdot \exp\left(-\frac{M \cdot g \cdot h}{R \cdot T}\right).$$

Здесь p – давление газа на высоте h , p_0 – давление на высоте $h = 0$, g – ускорение свободного падения. Эта формула приближённая, так как температуру нельзя считать одинаковой для больших разностей высот.

20. Закон Максвелла-Больцмана

$$dn_{\varepsilon_p, v} \approx e^{-\frac{E}{k \cdot T}} \cdot v^2 dv,$$

где E – полная энергия молекулы.

21. Среднее число соударений молекулы

$$\bar{z} = \sqrt{2} \cdot n_0 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \bar{v}.$$

где n_0 – концентрация молекул, \bar{v} – средняя арифметическая скорость, d – эффективный диаметр молекулы.

22. Средняя длина пробега молекулы

$$\bar{\ell} = \frac{\bar{v}}{\bar{z}} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot n_0 \cdot \pi \cdot d^2}.$$

23. Явления переноса – необратимые процессы в термодинамически неравновесных системах, в результате которых происходит пространственный перенос энергии, массы или импульса (таблица 5).

В таблице 5: j_E, j_m, j_p – соответственно плотность теплового потока, плотность потока массы и плотность потока импульса; λ, D, η – соответственно коэффициенты теплопроводности, диффузии и динамиче-

ской вязкости; $\frac{dT}{dx}, \frac{d\rho}{dx}, \frac{dv}{dx}$ – соответственно градиенты температуры, плотности и скорости; c_v – удельная теплоёмкость газа при постоянном объёме; ρ – плотность газа; $\langle v \rangle$ – средняя скорость теплового движения молекул; $\langle l \rangle$ – средняя длина свободного пробега молекул.

Таблица 21

Общие сведения о явлениях переноса (одномерный случай)

Явление переноса	Переносимая физическая величина	Закон, описывающий явление переноса	Коэффициенты λ, D и η
Теплопроводность	Энергия	Закон Фурье $j_E = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx}$	$\lambda = \frac{1}{3} \cdot c_v \cdot \rho \cdot \langle v \rangle \cdot \langle l \rangle$
Диффузия	Масса	Закон Фика $j_m = -D \cdot \frac{d\rho}{dx}$	$D = \frac{1}{3} \cdot \langle v \rangle \cdot \langle l \rangle$
Внутреннее трение (вязкость)	Импульс	Закон Ньютона $j_p = -\eta \cdot \frac{dv}{dx}$	$\eta = \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot \langle v \rangle \cdot \langle l \rangle$

$$[\lambda] 1 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; [D] 1 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}; [\eta] 1 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Зависимости между λ, D, η :

$$\eta = \rho \cdot D; \frac{\lambda}{\eta \cdot c_v} = 1$$

24. Уравнение Ван-дер-Ваальса

$$\left(P + \frac{v^2 \cdot a}{V^2} \right) (V - v \cdot b) = v \cdot R \cdot T,$$

где v – число молей газа; P, V, T – объем, давление, температура газа; a, b – константы Ван-дер-Ваальса.

25. Внутренняя энергия реального газа

$$U = \frac{m}{M} \cdot \left(C_V \cdot T - \frac{m \cdot a}{M \cdot V} \right).$$

26. Удельные теплоемкости газов при постоянном объеме c_V и при постоянном давлении c_p

$$c_V = \frac{i \cdot R}{2 \cdot M}, \quad c_p = \frac{(i + 2) \cdot R}{2 \cdot M}.$$

27. Связь между удельной c и молярной C теплоемкостями

$$c = \frac{C}{M}; \quad C = c \cdot M.$$

28. Уравнение Роберта Майера:

$$C_p - C_V = R.$$

29. Внутренняя энергия идеального газа

$$U = \frac{i \cdot m}{2 \cdot M} \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot C_V \cdot T.$$

30. Первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A;$$

или более строго

$$\partial Q = dU + \partial A,$$

где Q – теплота, сообщенная системе (газу); ΔU – изменение внутренней энергии системы; A – работа, совершенная системой против внешних сил.

31. Процессы, связанные с поглощением теплоты: нагревание, плавление, парообразование. С выделением – охлаждение, кристаллизация, конденсация, сгорание топлива.

При нагревании (охлаждении)

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

плавлении (кристаллизации)

$$Q = \lambda \cdot m,$$

парообразовании (конденсации)

$$Q = r \cdot m,$$

сжигании топлива

$$Q = g \cdot m,$$

где c, λ, r, g – соответственно удельная теплоёмкость, удельная теплота плавления, удельная теплота парообразования, удельная теплота сгорания топлива (табличные величины).

32. Работа расширения газа:

в общем случае
$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV;$$

при изобарическом процессе
$$A = p \cdot (V_2 - V_1);$$

при изотермическом процессе
$$A = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T \ln \frac{V_2}{V_1};$$

при адиабатическом процессе
$$A = -\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \cdot \Delta T$$

или
$$A = \frac{R \cdot T_1 \cdot m}{(\gamma - 1) \cdot \mu} \cdot \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right],$$

где $\gamma = C_p / C_V$ – показатель адиабаты.

33. Уравнение Пуассона, связывающее параметры идеального газа при адиабатическом процессе:

$$pV^\gamma = const; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1}; \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}.$$

34. Термический КПД цикла

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1},$$

где Q_1 – теплота, полученная рабочим телом от нагревателя; Q_2 – теплота, переданная рабочим телом охладителю.

35. Термический КПД цикла Карно

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

где T_1 и T_2 – термодинамические температуры нагревателя и холодильника.

36. Формула Больцмана (статистический смысл энтропии)

$$S = k \cdot \ln G,$$

где S – энтропия системы; G – термодинамическая вероятность (статистический вес) ее состояния; k – постоянная Больцмана.

37. Изменение энтропии системы при её равновесном переходе из состояния 1 в состояние 2

$$\Delta S_{1 \rightarrow 2} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\partial Q}{T} = \int_1^2 \frac{\partial U + \partial A}{T}$$

Ниже (таблица 6) приведены основные сведения для различных газовых процессов.

Таблица 6

Сравнение различных газовых процессов

Название процесса	Закон	Первое начало термодинамики применительно к процессу	Изменение внутренней энергии ΔU	Работа A
Изотермический	$p \cdot V = const$	$\partial Q = \partial A$	0	$\frac{m}{M} \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$
Изохорный	$\frac{p}{T} = const$	$\partial Q = dU$	$\frac{m}{M} \cdot C_v dT$	0
Изобарный	$\frac{V}{T} = const$	$\partial Q = dU + \partial A$	$\frac{m}{M} \cdot C_v dT$	$p \cdot (V_2 - V_1) =$ $= \frac{m}{M} \cdot R \cdot (T_2 - T_1)$
Адиабатный	$p \cdot V^\gamma = const$ $T \cdot V^{\gamma-1} = const$ $T^\gamma \cdot p^{1-\gamma} = const$	$\partial Q = -dU$	$\frac{m}{M} \cdot C_v dT$	$\frac{m}{M} \cdot C_v \cdot (T_1 - T_2)$
Политропный	$p \cdot V^n = const$ $T \cdot V^{n-1} = const$ $T^n \cdot p^{1-n} = const$	$\partial Q = dU + \partial A$	$\frac{m}{M} \cdot C_v dT$	$\frac{m}{M} \cdot \frac{R}{n-1} \cdot (T_1 - T_2)$

38. Коэффициент поверхностного натяжения

$$\alpha = \frac{F}{l}, \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{\Delta E}{\Delta S},$$

где F – сила поверхностного натяжения, действующая на контур l , ограничивающий поверхность жидкости; ΔE – изменение свободной

энергии поверхностной пленки жидкости, связанное с изменением площади ΔS поверхности этой пленки.

39. Формула Лапласа, выражающая давление p , создаваемое сферической поверхностью жидкости:

$$p = \frac{2 \cdot \alpha}{R},$$

где R – радиус сферической поверхности.

40. Высота подъема жидкости в капиллярной трубке

$$h = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot R},$$

где θ – краевой угол ($\theta = 0$ при полном смачивании стенок трубки жидкостью; $\theta = \pi$ при полном несмачивании); R – радиус канала трубки; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения.

Высота подъема жидкости между двумя близкими параллельными друг другу плоскостями

$$h = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot d},$$

где d – расстояние между плоскостями.

2.1.3. Электричество и магнетизм

Электростатика. Электрический ток

1. Закон сохранения электрического заряда: в изолированной (замкнутой) системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остаётся постоянной: $q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + \dots + q_n = const$.

Замкнутая (изолированная) система – система, не обменивающаяся зарядами с внешними телами.

2. Закон Кулона: сила взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами, пропорциональна произведению зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

$$F = k \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{\varepsilon \cdot r^2} = \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2}.$$

Здесь $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$ – электрическая постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость среды (табличная величина).

3. Напряженность электростатического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0},$$

где \vec{F} – сила, действующая на точечный положительный заряд q_0 , помещенный в данную точку поля.

4. Если электростатическое поле создано несколькими (N) точечными зарядами, то его напряжённость в любой точке поля равна геометрической сумме напряжённостей полей, созданных каждым из зарядов в отдельности.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_N = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i,$$

где \vec{E}_i – напряженность поля, создаваемая зарядом с номером i .

5. Поток вектора напряженности электростатического поля

$$d\Phi_E = \vec{E}d\vec{S} = E_n d\vec{S} \quad (\text{сквозь элементарную площадку } dS),$$

$$\Phi_E = \vec{E}d\vec{S} = E_n d\vec{S} \quad (\text{сквозь поверхность } S),$$

$$\Phi_E = \oint_s \vec{E}d\vec{S} = \oint_s E_n dS \quad (\text{сквозь замкнутую поверхность } S),$$

где $d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$ – вектор, модуль которого равен dS , а направление совпадает с нормалью \vec{n} к площадке; E_n – проекция вектора \vec{E} на нормаль \vec{n} к площадке dS .

6. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме:

в случае дискретного распределения зарядов

$$\oint_s \vec{E}d\vec{S} = \oint_s E_n dS = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon} \sum_{i=1}^n q_i,$$

в случае непрерывного распределения зарядов

$$\oint_s \vec{E}d\vec{S} = \oint_s E_n dS = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon} \int_V \rho dV,$$

где $\sum_{i=1}^n q_i$ – алгебраическая сумма зарядов, заключенных внутри замкнутой поверхности S ; n – число зарядов; ρ – объемная плотность зарядов.

7. Напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом q на расстоянии r от заряда,

$$E = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2}.$$

8. Напряженность поля, создаваемого бесконечно длинной равномерно заряженной нитью (или цилиндром) на расстоянии r от ее оси,

$$E = \frac{\tau}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r},$$

где τ – линейная плотность заряда.

Линейная плотность заряда есть величина, равная отношению заряда, распределенного по нити, к длине нити (цилиндра):

$$\tau = \frac{\Delta q}{\Delta l}.$$

9. Напряженность поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью

$$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon},$$

где σ – поверхностная плотность заряда.

Поверхностная плотность заряда есть величина, равная отношению заряда, распределенного по поверхности, к площади этой поверхности:

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}.$$

10. Напряженность поля между двумя равномерно и разноименно заряженными бесконечными параллельными плоскостями (поле плоского конденсатора)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon}.$$

11. Напряженность электрического поля E , создаваемого металлической заряженной сферой радиуса R на расстоянии r от центра сферы:

а) на поверхности сферы ($r = R$):
$$E = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot R^2};$$

б) вне сферы ($r > R$):
$$E = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2};$$

в) внутри сферы ($r < R$):
$$E = 0.$$

12. Напряженность электрического поля равномерно заряженного бесконечного цилиндра

$$E = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{\tau}{r}$$

13. Электрическое смещение \vec{D} связано с напряженностью \vec{E} электрического поля соотношением:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \vec{E}.$$

Это соотношение справедливо только для изотропных диэлектриков.

14. Потенциалом называется физическая величина, равная отношению потенциальной энергии, которой обладает единичный, положительный пробный заряд, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда:

$$\varphi = \frac{U_n}{q_0}.$$

15. Потенциал поля точечного заряда

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{\varepsilon \cdot r} = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r},$$

где r – расстояние от заряда до точки, в которой вычисляется потенциал.

16. Если поле создано несколькими зарядами, то потенциал поля системы зарядов равен алгебраической сумме потенциалов полей всех этих зарядов:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_N = \sum_{i=1}^N \varphi_i = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i}.$$

17. Для тела, заряженного по объему V

$$\varphi = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_{\text{п}} \cdot \varepsilon} \cdot \int_V \frac{\rho}{r} \cdot dV,$$

где $\rho = \frac{\Delta q}{\Delta V}$ – объёмная плотность заряда.

18. Для тела, заряженного по поверхности S

$$\varphi = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_{\text{п}} \cdot \varepsilon} \cdot \int_S \frac{\sigma}{r} \cdot dS$$

19. Для тела, заряженного по линии L

$$\varphi = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_{\text{п}} \cdot \epsilon} \cdot \int_L \frac{\Phi}{r} \cdot dl.$$

20. Разность потенциалов между точками бесконечно заряженной плоскости на расстоянии x_1 и x_2 от плоскости (при $\epsilon=1$)

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_1}^{x_2} E dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0} dx = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot (x_2 - x_1).$$

21. Разность потенциалов между двумя бесконечными параллельными разноимённо заряженными плоскостями с расстоянием d (при $\epsilon=1$)

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d E dx = \int_0^d \frac{\sigma}{\epsilon_0} dx = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot d$$

22. Для поля равномерно заряженной сферической поверхности с зарядом q (при $\epsilon=1$)

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (r_1 > R, r_2 > R, r_2 > r_1),$$

где R – радиус сферы.

Потенциал поля вне сферической поверхности: $\varphi = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$.

Внутри сферической поверхности потенциал всюду одинаков и равен потенциалу поверхности $\varphi = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R}$.

23. Для поля равномерно заряженного бесконечного цилиндра радиусом R (при $\epsilon=1$)

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\tau}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (r_1 > R, r_2 > R, r_2 > r_1),$$

где r_1 и r_2 – расстояния от оси заряженного цилиндра, τ – линейная плотность заряда.

24. Работа перемещения электрического заряда в электрическом поле из точки A в точку B

$$A = q(\varphi_A - \varphi_B).$$

25. Связь между напряженностью поля и потенциалом

$$\vec{E} = - \frac{d\varphi}{dr} = -grad \varphi;$$

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial\varphi}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial\varphi}{\partial z} \cdot \vec{k}\right),$$

где \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} – единичные векторы координатных осей x , y , z .

Для однородного электрического поля ($E = const$)

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d},$$

где d – расстояние вдоль линии напряженности между двумя точками с потенциалами φ_1 и φ_2 .

26. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов Q_1, Q_2, \dots, Q_n определяется работой, которую эта система зарядов может совершить при удалении их относительно друг друга в бесконечность, и выражается формулой

$$W = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \varphi_i,$$

где φ_i – потенциал поля, создаваемого всеми $n - 1$ зарядами (за исключением i -го) в точке, где расположен заряд Q_i .

27. Электрическая ёмкость уединенного проводника или конденсатора

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta \varphi},$$

где Δq – заряд, сообщенный проводнику (конденсатору); $\Delta \varphi$ – изменение потенциала, вызванное этим зарядом.

28. Если проводник имеет форму шара:

$$C = \frac{q}{\varphi} = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot R,$$

где R – радиус шара.

29. Ёмкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot S}{d},$$

где S – площадь пластины конденсатора; d – расстояние между пластинами.

30. Ёмкость слоистого конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} + \dots + \frac{d_n}{\varepsilon_n}}.$$

31. Ёмкость цилиндрического конденсатора (два коаксиальных цилиндра длиной l и радиусами r_1 и r_2 , пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε)

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}.$$

32. Ёмкость сферического конденсатора (две концентрических сферы с радиусами r_1 и r_2):

$$C = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1}.$$

33. Ёмкость батареи параллельно соединенных конденсаторов

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n,$$

где n – число конденсаторов.

Напряжение и заряд на конденсаторах, соединенных параллельно,

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n,$$

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n.$$

34. Формула для определения ёмкости батареи последовательно соединенных конденсаторов:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Напряжение и заряд на конденсаторах, соединенных последовательно,

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n,$$

$$q = q_1 = q_2 = \dots = q_n.$$

35. Энергия заряженного проводника

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{q^2}{2 \cdot C} = \frac{q \cdot \varphi}{2},$$

где $U = \Delta\varphi$ – разность потенциалов или напряжение.

36. Энергия заряженного плоского конденсатора

$$W = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E^2}{2} \cdot V,$$

где V – объём конденсатора.

37. Объёмная плотность энергии электрического поля

$$\omega = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E^2}{2} = \frac{E \cdot D}{2} = \frac{D^2}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon}.$$

38. Сила между двумя заряженными обкладками конденсатора

$$F = -\frac{dW}{dx} = -\frac{q}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S} = -\frac{\sigma^2 \cdot S}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} = -\frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2 \cdot S.$$

39. Под действием силы обкладки конденсатора сжимают пластину диэлектрика, помещённого между ними, и в диэлектрике возникает давление:

$$p = F/S = \sigma^2 / 2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 = 0,5 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2.$$

40. Сила тока

$$I = \frac{dq}{dt}.$$

Сила постоянного тока

$$I = \frac{q}{t}.$$

41. Вектор плотности тока

$$\vec{j} = \frac{I}{S} \cdot \vec{k},$$

где \vec{k} – единичный вектор, по направлению совпадающий с направлением движения положительных носителей заряда; S – поперечное сечение проводника.

42. Если за время dt через поперечное сечение S проводника переносится заряд

$$dq = n \cdot e \cdot \langle v \rangle \cdot S dt$$

где n , e , и $\langle v \rangle$ – концентрация, заряд и средняя скорость упорядоченного движения зарядов, то сила тока

$$I = \frac{dq}{dt} = n \cdot e \cdot \langle v \rangle \cdot S,$$

а плотность тока

$$\vec{j} = n \cdot e \cdot \overline{\langle v \rangle}.$$

43. Сопротивление однородного проводника

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

где ρ – удельное сопротивление; l – длина проводника; S – поперечное сечение проводника.

44. Удельная проводимость (электропроводность)

$$\sigma = \frac{1}{\rho}.$$

45. Зависимость удельного сопротивления от температуры

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t),$$

где ρ и ρ_0 – удельные сопротивления соответственно при t и 0 °С; t – температура (по шкале Цельсия); α – температурный коэффициент сопротивления.

46. В случае последовательного соединения резисторов

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 = \dots = I_n = I, \\ I \cdot R &= U = \sum_{i=1}^n U_i = I \cdot \sum_{i=1}^n R_i, \\ R &= \sum_{i=1}^n R_i. \end{aligned}$$

47. В случае параллельного соединения резисторов

$$\begin{aligned} U_1 &= U_2 = \dots = U_n = U, \\ \frac{U}{R} &= I = \sum_{i=1}^n I_i = U \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}, \\ \frac{1}{R} &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}. \end{aligned}$$

48. Закон Ома для участка цепи, не содержащего ЭДС

$$I = \frac{U}{R},$$

где I – сила тока; U – напряжение; R – сопротивление проводника.

49. Закон Ома для полной замкнутой цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

где ε – ЭДС генератора; R – внешнее сопротивление; r – внутреннее сопротивление источника тока.

50. Закон Ома в дифференциальной форме:

$$j = \sigma \cdot E = \frac{1}{\rho} \cdot E,$$

где E – напряженность электрического поля; σ – удельная электрическая проводимость вещества проводника; ρ – удельное сопротивление.

51. Закон Джоуля-Ленца:

$$A = Q = I \cdot U \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t,$$

где A – работа по перемещению зарядов по проводнику; Q – количество выделенной в проводнике теплоты; t – время протекания тока.

52. Мощность тока

$$N = I \cdot U = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R},$$

53. Полная мощность, выделяющаяся в цепи,

$$N = I \cdot \varepsilon = \frac{\varepsilon^2}{R + r}.$$

54. Коэффициент полезного действия источника тока

$$\eta = \frac{N_n}{N} = \frac{R}{R + r},$$

где N_n – полезная мощность, N – полная мощность.

55. Законы Кирхгофа для разветвленной цепи.

Первое правило Кирхгофа: алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю.

Второе правило Кирхгофа: в любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма произведений сил токов I_i на сопротивление R_i соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме ЭДС ε_k , встречающихся в этом контуре:

$$\sum_i I_i \cdot R_i = \sum_k \varepsilon_k.$$

56. Закон Ома по классической электронной теории

$$j = \frac{n \cdot q_e^2 \cdot \tau}{2 \cdot m_e} \cdot E,$$

где $\sigma = \frac{n \cdot q_e^2 \cdot \tau}{2 \cdot m_e}$; n – концентрация электронов; τ – время свободного пробега электронов.

По квантовой теории электропроводности металлов

$$\sigma = \frac{n \cdot q_e^2 \cdot \langle \lambda \rangle}{m_e \cdot u_0},$$

где u_0 – скорость электрона, находящегося на верхнем занятом энергетическом уровне; $\langle \lambda \rangle$ – средняя длина свободного пробега электрона.

55. Плотность тока насыщения при термоэлектронной эмиссии определяется формулой

$$j_n = B \cdot T^2 \cdot \exp\left(-\frac{A}{k \cdot T}\right),$$

где T – температура катода, A – работа выхода, k – постоянная Больцмана, B – эмиссионная постоянная, разная для разных металлов.

57. Закон электролиза.

Фарадей установил, что при прохождении электрического тока через электролит масса вещества выделившегося на электроде, пропорциональна заряду, прошедшему через электролит:

$$m = k \cdot \Delta q$$

или

$$m = k \cdot I \cdot \Delta t,$$

где I – сила тока; Δt – время пропускания тока через электролит; k – электрохимический эквивалент. Он равен:

$$k = \frac{1}{e \cdot N} \cdot \frac{M}{n} = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n},$$

где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – величина элементарного заряда; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ – число Авогадро; M – молярная масса; n – валентность иона, $F = e \cdot N_A$; $F \approx 96500 \left(\frac{\text{Кл}}{\text{моль}}\right)$ – число Фарадея.

58. Подвижность ионов

$$b = \frac{\langle v \rangle}{E},$$

где $\langle v \rangle$ – средняя скорость упорядоченного движения ионов; E – напряжённость электрического поля.

59. Закон Ома в дифференциальной форме для электролитов и газов при самостоятельном разряде в области, далёкой от насыщения,

$$j = Q \cdot n \cdot (b_+ + b_-) \cdot E,$$

где Q – заряд иона; n – концентрация ионов; b_+ и b_- – подвижности соответственно положительных и отрицательных ионов.

60. Плотность тока насыщения

$$j_{нас} = Q \cdot n_0 \cdot d,$$

где n_0 – число пар ионов, создаваемых ионизатором в единице объёма в единицу времени; d – расстояние между электродами.

$$n_0 = N / (V \cdot t),$$

где N – число пар ионов, создаваемых ионизатором за время t в пространстве между электродами; V – объём этого пространства.

61. Напряженность электрического поля в однородном диэлектрике

$$E = \frac{\sigma_{своб} - \sigma_{пол}}{E_0},$$

где $\sigma_{своб}$ – плотность на обкладках металлических пластин, создающих электрическое поле; $\sigma_{пол}$ – поверхностная плотность поляризованных зарядов.

62. Поляризованность диэлектрика

$$\vec{P} = \frac{\vec{P}_v}{V} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{p}_i}{V},$$

где V – объём диэлектрика; $\vec{p}_v = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i$ – дипольный момент диэлектрика; p_i – дипольный момент i -й молекулы.

63. Вектор поляризации

$$P = \chi \cdot \epsilon_0 \cdot E = \sigma_{пол}.$$

64. Связь между E и E_0

$$E = E_0 \cdot \frac{1}{1 + \chi},$$

где χ – диэлектрическая восприимчивость диэлектрика.

65. Связь между поляризованностью диэлектрика и напряженностью электростатического поля

$$\vec{P} = \chi \varepsilon_0 \vec{E}$$

где χ – диэлектрическая восприимчивость вещества.

66. Связь диэлектрической проницаемости ε с диэлектрической восприимчивостью χ

$$\varepsilon = 1 + \chi = \frac{E_0}{E},$$

где E напряженностью поля в диэлектрике; E_0 напряженностью внешнего поля.

67. Связь между векторами электрического смещения \vec{D} , напряженности электростатического поля \vec{E} и поляризованности \vec{P}

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E} = \varepsilon_0 (1 + \chi) \vec{E} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}.$$

68. Вектор электрической индукции D

$$D = E \cdot \varepsilon_0 + P.$$

В простейшем случае

$$D = \varepsilon \varepsilon_0 \cdot E.$$

69. Формула Клаузиуса-Моссотти

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1} = \frac{1}{3} \alpha \cdot N,$$

где α – атомная поляризуемость; N – полное число молекул в единице объема.

70. Связь между χ и α

$$\chi = \alpha \cdot N,$$

где N – число диполей в единице объема.

Магнитное поле

71. Связь магнитной индукции \vec{B} с напряженностью \vec{H} магнитного поля

$$\vec{B} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \vec{H},$$

где μ – магнитная проницаемость изотропной среды; μ_0 – магнитная постоянная ($\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$).

В вакууме $\mu = 1$ и тогда магнитная индукция в вакууме

$$\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{H}.$$

72. Закон Био-Савара-Лапласа:

$$d\vec{B} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4 \cdot \pi} \left[d\vec{l} \cdot \vec{r} \right] \frac{I}{r^3},$$

или

$$dB = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I \sin \alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2} dl,$$

где dB – магнитная индукция поля, создаваемого элементом проводника длиной dl с током I ; \vec{r} – радиус-вектор, направленный от элемента проводника к точке, в которой магнитная индукция вычисляется; α – угол между радиусом-вектором и направлением тока в элементе проводника.

73. Магнитная индукция в центре кругового тока

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{2 \cdot R},$$

где R – радиус кругового витка.

74. Магнитная индукция на оси кругового тока

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot I}{(R^2 + h^2)^{3/2}},$$

где h – расстояние от центра витка до точки, в которой вычисляется магнитная индукция.

75. Магнитная индукция поля прямого тока

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r},$$

где r – расстояние от оси проводника до точки, в которой вычисляется магнитная индукция.

76. Магнитная индукция поля, создаваемого отрезком провода с током (рис. 27, а),

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{I}{r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

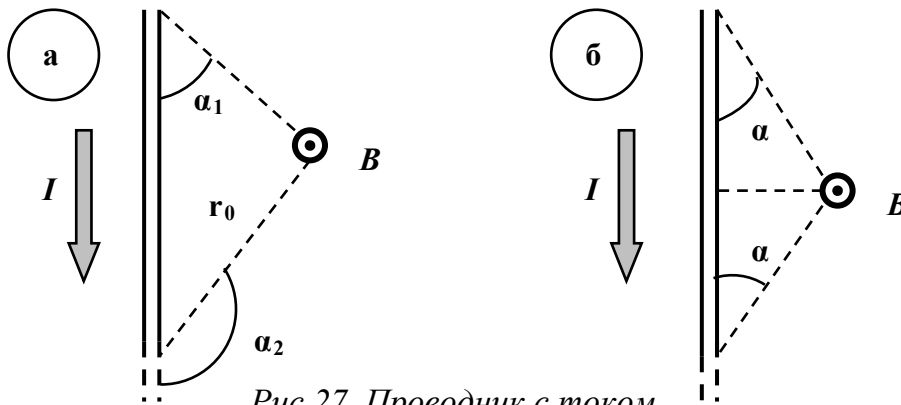


Рис.27. Проводник с током

Обозначения величин ясны из рисунка. Направление вектора магнитной индукции \vec{B} обозначено точкой – это значит, что \vec{B} направлен перпендикулярно плоскости чертежа к нам.

При симметричном расположении провода относительно точки, в которой определяется магнитная индукция (рис. 27, б) $\cos \alpha_2 = \cos \alpha_1 = \cos \alpha$,

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I}{r_0} \cos \alpha .$$

77. Магнитная индукция поля соленоида

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot n \cdot I ,$$

где n – число витков соленоида, приходящееся на единицу длины.

78. Принцип суперпозиции: магнитная индукция результирующего поля, создаваемого несколькими токами или движущимися зарядами, равна векторной сумме магнитных индукций полей, создаваемых каждым током или движущимся зарядом

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i ,$$

В частном случае наложения двух полей

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 ,$$

а модуль магнитной индукции

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2 \cdot B_1 \cdot B_2 \cos \alpha} .$$

79. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, закон Ампера:

$$F = I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha ,$$

где l – длина проводника; α – угол между направлением тока в проводнике и вектором магнитной индукции \vec{B} .

Это выражение справедливо для однородного магнитного поля и прямого отрезка проводника. Если поле неоднородно и проводник не является прямым, то закон Ампера можно применять к каждому элементу проводника в отдельности:

$$d\vec{F} = I \left[d\vec{l} \cdot \vec{B} \right] .$$

80. Сила взаимодействия параллельных проводников с током

$$F = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot d} ,$$

где d – расстояние между проводами.

81. Рамка с током испытывает ориентирующее действие поля, поэтому на неё в магнитном поле действует пара сил. Вращающий момент

сил зависит как от свойств поля в данной точке, так и от свойств рамки с током и определяется векторным произведением:

$$\vec{M} = [\vec{p}_m, \vec{B}],$$

где \vec{p}_m – вектор магнитного момента рамки.

Скалярная величина момента:

$$M = p_m \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

где α – угол между нормалью к плоскости контура и вектором \vec{B} .

82. Для плоского контура с током I магнитный момент

$$\vec{p}_m = I \cdot S \cdot \vec{n},$$

где S – площадь поверхности контура (рамки), \vec{n} – единичный вектор нормали к поверхности рамки. Модуль вектора магнитного момента:

$$p_m = I \cdot S.$$

83. Потенциальная энергия контура с током в магнитном поле

$$W = -p_m \cdot B \cos \alpha.$$

За нулевое значение потенциальной энергии контура с током в магнитном поле принято расположение контура, когда вектор \vec{p}_m перпендикулярен вектору \vec{B} .

84. Отношение магнитного момента p_m к механическому L (моменту импульса) заряженной частицы, движущейся по круговой орбите:

$$\frac{p_m}{L} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q}{m},$$

где Q – заряд частицы; m – масса частицы.

85. Вектор намагниченности M равен

$$M = \sum \frac{p_m}{V},$$

где p_m – вектор магнитного момента атомов, заключенных в объеме V ; V – величина всего объема $V = \sum V_m$.

86. Магнитная восприимчивость χ

$$\chi = \frac{M}{H}, \quad M = \chi \cdot H.$$

87. Относительная магнитная проницаемость μ

$$\mu = 1 + \chi.$$

88. Магнитный момент единицы объема диамагнетика

$$M = \frac{e^2 \cdot Z \cdot \overline{R^2} \cdot N}{6 \cdot m} \cdot B.$$

89. Магнитный момент парамагнетика:

$$M = \frac{N \cdot p_m^2 \cdot B}{3 \cdot k \cdot T}.$$

90. Сила, действующая на контур с током в магнитном поле (изменяющимся вдоль оси x)

$$F = p_m \cdot \frac{\partial B}{\partial x} \cos \alpha,$$

где $\frac{\partial B}{\partial x}$ – изменение магнитной индукции вдоль оси x , рассчитанное на единицу длины; α – угол между векторами p_m и B .

91. Сила Лоренца

$$F = Q[\vec{v} \cdot \vec{B}]$$

или

$$F = Q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

где \vec{v} – скорость заряженной частицы; α – угол между векторами \vec{x} и \vec{B} .

92. Магнитный поток:

а) в случае однородного магнитного поля и плоской поверхности

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

или

$$\Phi = B_n \cdot S,$$

где S – площадь контура; α – угол между нормалью к плоскости контура и вектором магнитной индукции;

б) в случае неоднородного поля и произвольной поверхности

$$\Phi = \int_s B_n dS,$$

интегрирование ведется по всей поверхности.

93. Потокосцепление (полный поток)

$$\Psi = N \cdot \Phi.$$

Эта формула для соленоида и тороида с равномерной намоткой плотно прилегающих друг к другу N витков.

94. Работа по перемещению замкнутого контура в магнитном поле

$$A = I \cdot \Delta \Phi.$$

95. ЭДС индукции

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Psi}{dt}.$$

96. Разность потенциалов на концах проводника, движущегося со скоростью \vec{v} в магнитном поле,

$$U = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha,$$

где l – длина проводника; α – угол между векторами \vec{v} и \vec{B} .

97. Заряд, протекающий по замкнутому контуру при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур,

$$Q = \frac{\Delta\Phi}{r},$$

или

$$Q = \frac{N \cdot \Delta\Phi}{r} = \frac{\Delta\Psi}{r},$$

где r – сопротивление контура.

98. Индуктивность контура

$$L = \frac{\Psi}{I}.$$

99. ЭДС самоиндукции

$$\varepsilon_s = -L \frac{dI}{dt}.$$

100. Индуктивность соленоида

$$L = \mu \cdot \mu_0 \cdot n^2 \cdot V,$$

где n – число витков, приходящееся на единицу длины соленоида; V – объем соленоида.

101. Изменение магнитного потока может достигаться также изменением тока в соседнем контуре (явление взаимной индукции). При этом индуцируемая ЭДС

$$\varepsilon = -L_{1.2} \cdot \frac{dI}{dt},$$

где $L_{1.2}$ – взаимная индуктивность контуров.

102. Взаимная индуктивность двух соленоидов, пронизываемых общим магнитным потоком

$$L_{1.2} = \mu_0 \cdot \mu \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot S \cdot l,$$

где n_1 и n_2 – число витков на единицу длины соленоидов.

103. Количество электричества прошедшего через поперечное сечение проводника при возникновении в нём индукционного тока

$$dq = -\frac{1}{R} d\Phi.$$

104. Мгновенное значение силы тока в цепи, обладающей сопротивлением r и индуктивностью L :

а) при замыкании цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{r} \left(1 - e^{-\frac{r}{L}t} \right),$$

где ε – ЭДС источника тока; t – время, прошедшее после замыкания цепи;

б) при размыкании цепи

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{r}{L}t},$$

где I_0 – значение силы тока цепи при $t = 0$; t – время, прошедшее с момента размыкания цепи.

105. Энергия магнитного поля

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}.$$

106. Объемная плотность энергии магнитного поля (энергия, заключенная в единице объема)

$$\omega = \frac{1}{2} \cdot B \cdot H = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu \cdot \mu_0} = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot \mu_0 \cdot H^2,$$

где B – магнитная индукция; H – напряженность магнитного поля.

107. Намагниченность

$$\vec{J} = \frac{\vec{p}_m}{V} = \frac{\sum \vec{p}}{V},$$

где $\vec{p}_m = \sum \vec{p}$ – магнитный момент магнетика, равный векторной сумме магнитных моментов отдельных молекул.

108. Связь между намагниченностью и напряженностью магнитного поля

$$\vec{J} = \chi \cdot \vec{H},$$

где χ – магнитная восприимчивость вещества.

Электромагнитные колебания и волны

109. Уравнение колебания заряда в LC-контуре

$$q = q_0 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi),$$

где q_0 – амплитуда; ω_0 – циклическая частота колебаний; $(\omega_0 \cdot t + \varphi)$ – фаза колебаний; φ – начальная фаза.

110. Циклическая частота

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi}{T_0} = 2 \cdot \pi \cdot \nu_0,$$

где T_0 – период колебаний, ν_0 – собственная частота.

111. Ток в электрической LC -цепи

$$I = \frac{dq}{dt} = -q_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi).$$

112. Напряжение на конденсаторе

$$U = \frac{q}{C} = \frac{q_m}{C} \cos(\omega_0 t + \varphi) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi),$$

где $U_m = q_m/C$ – амплитуда напряжения.

113. Период колебаний заряда в LC -цепи

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}.$$

114. Из закона сохранения энергии следует, что при отсутствии сопротивления в колебательном контуре максимальное значение энергии электрического поля заряженного конденсатора равно максимальному значению энергии магнитного поля катушки

$$W_m = W_\varphi$$

или

$$\frac{C \cdot U_m^2}{2} = \frac{L \cdot I_m^2}{2}.$$

Для произвольного момента времени

$$\frac{C \cdot U^2}{2} + \frac{L \cdot I^2}{2} = const = \frac{C \cdot U_m^2}{2} = \frac{L \cdot I_m^2}{2}.$$

115. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний

$$\ddot{x} + 2 \cdot \beta \cdot \dot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0; \quad \ddot{q} + 2 \cdot \beta \cdot \dot{q} + \omega_0^2 \cdot q = 0,$$

где $\beta = \frac{r}{2 \cdot m}$ или $\beta = \frac{R}{2 \cdot L}$.

116. Частота затухающих колебаний

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}.$$

117. Зависимость амплитуды затухающих колебаний от времени

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\beta t}.$$

118. Логарифмический декремент затухания

$$\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta \cdot T.$$

119. Циклическая частота ω LCR -цепи

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{R^2}{4 \cdot L^2}}.$$

120. Полное сопротивление в цепи Z вычисляется по формуле

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2},$$

где R – активное сопротивление; $R_L = \omega L$ – индуктивное сопротивление; L – индуктивность цепи; $R_C = 1 / \omega C$ – ёмкостное сопротивление, C – ёмкость цепи.

При $R = 0$; $R_L = 0$ $Z = R_C = 1/\omega C$.

При $R = 0$; $R_C = 0$ $Z = R_L = \omega C$.

При $R_L = 0$; $R_C = 0$ $Z = R$.

При $R = 0$ $Z = \left| \omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right|$.

При $R_L = 0$ $Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 \cdot C^2}}$.

При $R_C = 0$ $Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 \cdot L^2}$.

121. Связь амплитудного значения тока и амплитудного значения напряжения

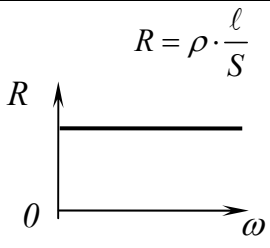
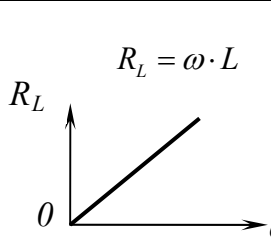
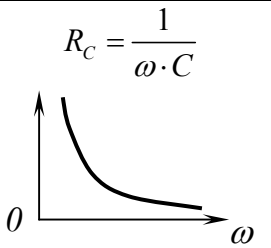
$$I_m = \frac{U_m}{Z} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

122. В таблице 7 приведены зависимости сопротивлений в цепи переменного тока от частоты.

В таблице 7: ρ – удельное сопротивление проводника; ℓ – его длина; S – площадь поперечного сечения; L – индуктивность катушки; C – электроёмкость конденсатора.

Таблица 23

Зависимость сопротивлений в цепи переменного тока от частоты

Активное сопротивление	Реактивное индуктивное сопротивление	Реактивное ёмкостное сопротивление
$R = \rho \cdot \frac{\ell}{S}$ 	$R_L = \omega \cdot L$ 	$R_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ 

123. Сдвиг фаз между напряжением и током находится по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}}{R}.$$

124. Эффективное значение тока и напряжения

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; U_{\text{эф}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; I_{\text{эф}} = \frac{U_m}{Z}.$$

125. Падение напряжений на активном сопротивлении, емкости и индуктивности находятся из соотношений

$$U_{\text{эф}} = \omega \cdot L \cdot I_{\text{эф}}; U_{\text{эф}C} = \frac{1}{\omega \cdot C} I_{\text{эф}}; U_{\text{эф}} = I_{\text{эф}} \cdot R.$$

126. Резонанс напряжений достигается тогда, когда

$$U_L = U_C$$

или

$$\omega_{\text{рез}} \cdot L = \frac{1}{\omega_{\text{рез}} \cdot C};$$

$$\omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}; U_{\text{рез}L} = U_{\text{рез}C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot I_m = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} U_m.$$

127. Резонанс токов

$$I_m = |I_{mL} - I_{mC}| = U_m \cdot \left| \omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right|;$$

если $\omega = \omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$, то при $R = 0$ ток в подводящих проводах равен нулю.

128. Мощность в цепи переменного тока

$$\langle P \rangle = I_{\text{эф}} \cdot U_{\text{эф}} \cdot \cos \varphi = I_{\text{эф}}^2 \cdot R.$$

129. Фазовая скорость электромагнитной волны

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}},$$

где $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость распространения электромагнитных волн в вакууме.

130. В бегущей электромагнитной волне мгновенные и амплитудные значения напряженностей электрического и магнитного полей связаны соотношением

$$E \cdot \sqrt{\varepsilon \cdot \varepsilon_0} = H \cdot \sqrt{\mu \cdot \mu_0}.$$

131. Уравнения плоской электромагнитной волны, распространяющейся в произвольном направлении

$$E = E_m \cdot \cos(\omega t - k \cdot r + \alpha); H = H_m \cdot \cos(\omega t - k \cdot r + \alpha),$$

где E_m и H_m – амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей соответственно; ω – циклическая частота; $k = \omega / v$ – волновое число; α – начальные фазы колебаний в точке $r = 0$; ν – частота колебаний.

132. Объемная плотность энергии электромагнитного поля

$$w = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2} + \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot H^2}{2}.$$

133. Вектор Пойнтинга

$$S = [E H].$$

134. Мощность излучения:

а) диполя с электрическим моментом $p(t)$

$$P = \frac{\mu_0}{4 \cdot \pi \cdot c} \cdot \ddot{p}^2;$$

б) заряда q , движущегося с ускорением a

$$P = \frac{\mu_0}{4 \cdot \pi \cdot c} \cdot q^2 \cdot a^2;$$

в) средняя мощность излучения электрона, совершающего гармонические колебания с циклической частотой ω и амплитудой a_0

$$\bar{P} = \frac{\mu_0}{12 \cdot \pi \cdot c} \omega^4 \cdot e^2 \cdot a_0^2.$$

135. Эффект Доплера

$$\nu = \nu_0 \cdot \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta \cos \vartheta},$$

где $\beta = v / c$; ν – частота волны, регистрируемой источником; ν_0 – частота колебаний источника; θ – угол между прямой, соединяющей неподвижный источник, и вектором скорости источника. При $\vartheta = 0$ эффект Доплера называется продольным, а при $\vartheta = \pi/2$ – поперечным.

2.1.4. Оптика

1. Закон отражения: отражённый луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, проведённым к границе раздела двух сред в точке падения; угол α падения равен углу γ отражения (рис. 28)

2. Фокусное расстояние сферического зеркала

$$F = R / 2,$$

где R – радиус кривизны зеркала.

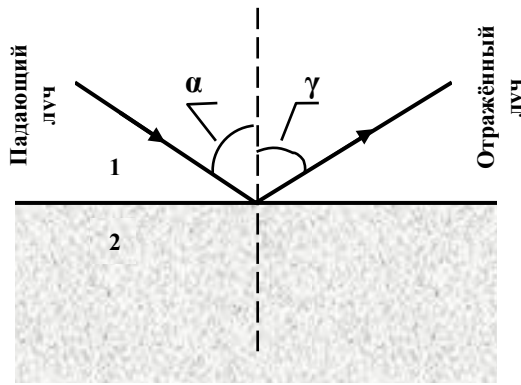


Рис.28. К закону отражения

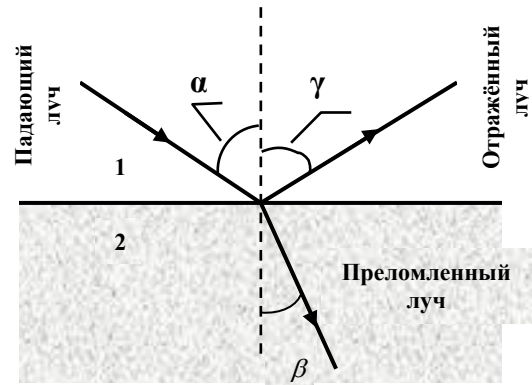


Рис.29. К закону преломления

3. Оптическая сила сферического зеркала

$$D = 1 / F.$$

4. Формула сферического зеркала

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f},$$

где d и f – расстояния от полюса зеркала соответственно до предмета и изображения. Знак «плюс» соответствует действительным величинам, а знак «минус» – мнимым.

5. Линейное увеличение сферического зеркала Γ определяется как отношение линейных размеров изображения h' и предмета h .

$$\Gamma = \frac{h'}{h} = -\frac{f}{d}.$$

6. Закон преломления света: луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, проведенный к точке падения, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β есть величина постоянная для данных сред (рис. 29). На границе двух сред с показателями преломления n_1 и n_2

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21},$$

где α – угол падения; β – угол преломления; $n_{12} = n_2 / n_1$ – относительный показатель преломления второй среды относительно первой; n_1 и n_2 – абсолютные показатели преломления соответственно первой и второй сред.

7. При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную $n_2 < n_1$ можно наблюдать явление полного отражения, то есть исчезновение преломленного луча. Если второй средой является воздух ($n_2 \approx 1$), то

$$\sin \alpha_{np} = \frac{1}{n},$$

где $n = n_1 > 1$ – абсолютный показатель преломления первой среды.

8. Формула тонкой линзы

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f},$$

где d и f – расстояния от оптического центра линзы соответственно до предмета и изображения. Знак «плюс» соответствует действительным величинам, а знак «минус» – мнимым.

9. Оптическая сила тонкой линзы

$$D = \frac{1}{F} = \left(\frac{n_l}{n_{cp}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

где F – фокусное расстояние линзы; n_l – абсолютный показатель преломления вещества линзы; n_{cp} – абсолютный показатель преломления окружающей среды.

Радиусы выпуклых поверхностей (R_1 и R_2) берутся со знаком «плюс», вогнутых – со знаком «минус». Ниже (таблица 24) приведены изображённые на рис. 64 линзы и их характеристики.

10. Оптическая сила двух тонких линз, сложенных вплотную,

$$D = D_1 + D_2.$$

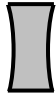
11. Угловое изображение лупы

$$\Gamma = \frac{d_0}{F},$$

где d_0 – расстояние наилучшего зрения ($d_0 = 25$ см).

Таблица 24

Линзы и их характеристики

Форма линзы						
Название	Двояково-выпуклая	Плосково-выпуклая	Двояково-вогнутая	Плосково-вогнутая	Выпукло-вогнутая	Вогнуто-выпуклая
Радиусы	$R_1 > 0$ $R_2 < 0$	$R_1 > 0$ $R_2 = \infty$	$R_1 < 0$ $R_2 > 0$	$R_1 < 0$ $R_2 = \infty$	$R_1 > R_2 > 0$	$R_1 > R_2 < 0$
Фокусное расстояние	$F > 0$	$F > 0$	$F > 0$	$F < 0$	$F < 0$	$F < 0$

12. Угловое увеличение телескопа в случае, когда в телескоп наблюдают удаленные предметы,

$$\Gamma = \frac{F_1}{F_2},$$

где F_1 и F_2 – фокусные расстояния соответственно объектива и окуляра.

13. Скорость света в среде:

$$v = \frac{c}{n},$$

где c – скорость света в вакууме; n – показатель преломления среды.

14. Оптическая длина пути световой волны:

$$L = n \cdot l,$$

где l – геометрическая длина пути световой волны в среде с показателем преломления n .

15. Оптическая разность хода двух световых волн:

$$\Delta = L_1 - L_2.$$

16. Зависимость разности фаз от оптической разности хода световых волн:

$$\Delta\varphi = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{\Delta}{\lambda}\right),$$

где λ – длина световой волны.

17. Условие максимального усиления света при интерференции:

$$\Delta = \pm k \cdot \lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

18. Условие максимального ослабления света:

$$\Delta = \pm k \cdot \lambda \cdot (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}.$$

19. Оптическая разность хода световых волн, возникающая при отражении монохроматического света от тонкой пленки,

$$\Delta = 2 \cdot d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} \pm \frac{\lambda}{2}$$

или

$$\Delta = 2 \cdot d \cdot n \cos i_2 \pm \frac{\lambda}{2},$$

где d – толщина пленки; n – показатель преломления пленки; i_1 – угол падения; i_2 – угол преломления света в пленке.

20. Радиус светлых колец Ньютона в отраженном свете

$$r_k = \sqrt{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda / 2} \quad (k = 1, 2, 3, \dots),$$

где k – номер кольца; R – радиус кривизны.

21. Радиус темных колец Ньютона в отраженном свете

$$r_k = \sqrt{k \cdot R \cdot \lambda}.$$

В проходящем свете, наоборот, радиус светлого кольца определяет формула (21), а тёмного (20).

22. Угол φ отклонения лучей, соответствующий максимуму (светлая полоса) при дифракции на одной щели, определяется из условия

$$a \cdot \sin \varphi = (2 \cdot k + 1) \cdot \lambda / 2 \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

где a – ширина щели; k – порядковый номер максимума.

23. Угол φ отклонения лучей, соответствующий максимуму (светлая полоса) при дифракции света на дифракционной решетке, определяется из условия

$$d \cdot \sin \varphi = \pm k \cdot \lambda \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

где d – период дифракционной решетки.

24. Разрешающая способность дифракционной решетки

$$R = \lambda / \Delta\lambda = k \cdot N,$$

где $\Delta\lambda$ – наименьшая разность длин волн двух соседних спектральных линий (λ и $\lambda + \Delta\lambda$), при которой эти линии могут быть видны раздельно в спектре, полученном посредством данной решетки; N – полное число щелей решетки.

25. Формула Вульфа - Брэггов

$$2 \cdot d \cdot \sin \theta = k \cdot \lambda,$$

где θ – угол скольжения (угол между направлением параллельного пучка рентгеновского излучения, падающего на кристалл, и атомной плоскостью в кристалле); d – расстояние между атомными плоскостями кристалла.

26. Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n_{21},$$

где ε_B – угол падения, при котором отразившийся от диэлектрика луч полностью поляризован; n_{21} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

27. Закон Малюса

$$I = I_0 \cdot \cos^2 \alpha,$$

где I_0 – интенсивность плоскополяризованного света, падающего на анализатор; I – интенсивность этого света после анализатора; α – угол между направлением колебаний электрического вектора света, падающего на анализатор, и плоскостью пропускания анализатора (если коле-

бания электрического вектора падающего света совпадают с этой плоскостью, то анализатор пропускает данный свет без ослабления).

28. Угол поворота плоскости поляризации монохроматического света при прохождении через оптически активное вещество:

а) $\varphi = \alpha \cdot d$ (в твердых телах),

где α – постоянная вращения; d – длина пути, пройденного светом в оптически активном веществе;

б) $\varphi = [\alpha] \cdot \rho \cdot d$ (в растворах),

где $[\alpha]$ – удельное вращение; ρ – массовая концентрация оптически активного вещества в растворе.

2.1.5. Элементы квантовой, атомной, ядерной физики

Элементы физики твёрдого тела

1. Закон Стефана — Больцмана

$$R_e = \sigma \cdot T^4,$$

где R_e – энергетическая светимость (излучательность) абсолютно черного тела; а σ – постоянная Стефана-Больцмана ($\sigma = 5,671 \cdot 10^{-8} \frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}$); T – термодинамическая температура Кельвина.

2. Закон смещения Вина

$$\lambda_m = b / T,$$

где λ_m – длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения; b – постоянная Вина ($b = 2,9 \cdot 10^{-3} м \cdot К$).

3. Энергия фотона

$$\varepsilon = h \cdot \nu$$

или

$$\varepsilon = \hbar \cdot \omega,$$

где h – постоянная Планка; \hbar – постоянная Планка, деленная на 2π ; ν – частота фотона; ω – циклическая частота.

4. Масса фотона

$$m = \varepsilon / c^2 = h / (c \cdot \lambda),$$

где c – скорость света в вакууме; λ – длина волны фотона.

5. Импульс фотона

$$p = m \cdot c = h / \lambda.$$

6. Формула Эйнштейна для фотоэффекта

$$h \cdot \nu = A + T_{\max} = A + m \cdot v_{\max}^2 / 2,$$

где $h \cdot \nu$ – энергия фотона, падающего на поверхность металла; A – работа выхода электрона; T_{max} – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона.

7. Красная граница фотоэффекта

$$\nu_0 = A/h$$

или

$$\lambda_0 = h \cdot c / A,$$

где ν_0 – минимальная частота света, при которой еще возможен фотоэффект; λ_0 – максимальная длина волны света при которой еще возможен фотоэффект; h – постоянная Планка; c – скорость света в вакууме.

8. Формула Комптона

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 \cdot c} \cdot (1 - \cos \theta)$$

или

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2 \cdot \frac{h}{m_0 \cdot c} \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

где λ – длина волны фотона, встретившегося со свободным или слабосвязанным электроном; λ' – длина волны фотона, рассеянного на угол θ после столкновения с электроном; m_0 – масса покоящегося электрона.

9. Комптоновская длина волны

$$\lambda = h/(m_0 \cdot c) \quad (\lambda = 2,436 \text{ пм}).$$

10. Давление света при нормальном падении на поверхность

$$p = E_e \cdot (1 + \rho) / c = \omega \cdot (1 + \rho),$$

где E_e – энергетическая освещенность (облученность); ω – объемная плотность энергии излучения; ρ – коэффициент отражения.

11. Не только фотоны, но и электроны, и любые другие частицы материи наряду с корпускулярными обладают также и волновыми свойствами.

Согласно де Бройлю, с каждым микрообъектом связаны, с одной стороны, корпускулярные характеристики – энергия E и импульс p , а с другой стороны, волновые характеристики – частота ν и длина волны λ .

Корпускулярные и волновые характеристики микрообъектов связаны такими же количественными соотношениями, как и у фотона:

$$E = h \cdot \nu; \quad p = \frac{h \cdot \nu}{c} = \frac{h}{\lambda}.$$

Любой частице, обладающей импульсом, сопоставляется волновой процесс с длиной волны $\lambda = h / p$.

Для частиц, имеющих массу

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h \cdot \sqrt{1 - v^2 / c^2}}{m}$$

В нерелятивистском приближении ($v \ll c$)

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

12. Длина волны де Бройля:

$$\lambda = 2 \cdot \pi \cdot \hbar / p$$

где p – импульс частицы.

13. Импульс частицы и его связь с кинетической энергией T :

$$\text{а) } p = m_0 \cdot v; \quad p = \sqrt{2 \cdot m_0 \cdot T}$$

$$\text{б) } p = m \cdot v = \frac{m_0 \cdot v}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}; \quad p = \frac{1}{c} \sqrt{(2 \cdot E_0 + T) \cdot T}$$

где m_0 – масса покоя частицы; m – релятивистская масса; v – скорость частицы; c – скорость света в вакууме; E_0 – энергия покоя частицы ($E_0 = m_0 \cdot c^2$).

14. Соотношение неопределенностей:

$$\text{а) } \Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar \text{ (для координаты и импульса),}$$

где Δp_x – неопределенность проекции импульса на ось x ; Δx – неопределенность координаты;

$$\text{б) } \Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar \text{ (для энергии и времени),}$$

где ΔE – неопределенность энергии; Δt – время жизни квантовой системы в данном энергетическом состоянии.

15. Одномерное уравнение Шредингера для стационарных состояний:

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2 \cdot m}{\hbar^2} \cdot (E - U) \cdot \psi(x) = 0$$

где $\psi(x)$ – волновая функция, описывающая состояние частицы; m – масса частицы; E – полная энергия; $U = U(x)$ – потенциальная энергия частицы.

16. Плотность вероятности

$$\frac{d\omega(x)}{dx} = |\psi(x)|^2,$$

где $d\omega(x)$ – вероятность того, что частица может быть обнаружена вблизи точки с координатой x на участке dx . Вероятность обнаружения частицы в интервале от x_1 до x_2 :

$$\omega = \int_{x_2}^{x_1} |\psi(x)|^2 dx.$$

17. Решение уравнения Шредингера для одномерного, бесконечно глубокого, прямоугольного потенциального ящика:

$$\text{а) } \psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \cdot \sin \frac{\pi \cdot n}{l} \cdot x \quad (\text{собственная нормированная волновая функция});$$

$$\text{б) } E_n = \frac{\pi^2 \cdot \hbar^2 \cdot n^2}{2 \cdot m \cdot l^2} \quad (\text{собственное значение энергии}),$$

где n – квантовое число ($n = 1, 2, 3, \dots$); l – ширина ящика. В области $0 \leq x \leq l$ $U = \infty$ и $\psi(x) = 0$.

18. Момент импульса электрона (второй постулат Бора):

$$L_n = \hbar \cdot n,$$

или

$$m \cdot v_n \cdot r_n = \hbar \cdot n,$$

где m – масса электрона; v_n – скорость электрона на n -й орбите; r_n – радиус n -й стационарной орбиты; \hbar – постоянная Планка; n – главное квантовое число ($n = 1, 2, 3, \dots$).

19. Радиус n -й стационарной орбиты:

$$r_n = a_0 \cdot n^2,$$

где a_0 – первый боровский радиус.

20. Энергия электрона в атоме водорода:

$$E_n = E_i / n^2,$$

где E_i – энергия ионизации атома водорода.

21. Энергия, излучаемая или поглощаемая атомом водорода,

$$\varepsilon = \hbar \cdot \omega = E_{n_2} - E_{n_1}$$

или

$$\varepsilon = E_i \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

где n_1 и n_2 – квантовые числа, соответствующие энергетическим уровням, между которыми совершается переход электрона в атоме.

22. Обобщённая формула Бальмера (для частоты)

$$\nu = R \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где R – постоянная Ридберга. В каждой данной серии m имеет постоянное значение, $m = 1, 2, 3, \dots$ (определяет серию); n принимает целочисленные значения начиная с числа $m+1$ (определяет отдельные линии данной серии).

23. Обобщённая формула Бальмера (для длины волны)

$$\frac{1}{\lambda} = R' \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где $R' = R/c$. Спектральную линию с наибольшей длиной волны из всех линий серии называют головной линией серии. Линия, соответствующая $n = \infty$, – коротковолновая граница; к ней примыкает непрерывный спектр.

24. Массовое число ядра (число нуклонов в ядре)

$$A = Z + N,$$

где Z – зарядовое число (число протонов); N – число нейтронов.

25. Ядра химических элементов обозначают символом ${}^A_Z X$, где X – химический символ элемента (таблица 25).

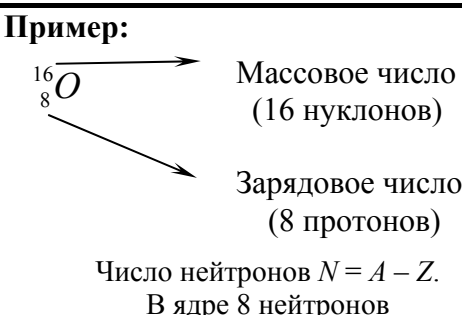
26. Дефект массы ядра

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{\text{я}},$$

где Z – зарядовое число (число протонов в ядре); A – массовое число (число нуклонов в ядре); $(A - Z)$ – число нейтронов в ядре; m_p – масса протона; m_n – масса нейтрона; $m_{\text{я}}$ – масса ядра.

Таблица 25

Описание атомного ядра

Характеристика	Обозначение	Определение
Символическая запись ядер	${}^A_Z X$	<p>Пример:</p>  <p>Массовое число (16 нуклонов)</p> <p>Зарядовое число (8 протонов)</p> <p>Число нейтронов $N = A - Z$. В ядре 8 нейтронов</p>

27. Энергия связи ядра

$$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2,$$

где Δm – дефект массы ядра; c – скорость света в вакууме.

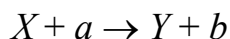
Во внесистемных единицах энергия связи ядра равна $E_{\text{св}} = 931 \Delta m$, где дефект массы Δm — в а. е. м.; 931 — коэффициент пропорциональности (1 а. е. м. ~ 931 МэВ). 1 а. е. м. = $1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг.

28. Удельная энергия связи:

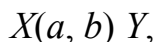
$$\varepsilon_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}.$$

29. Ядерными реакциями называются искусственные превращения атомных ядер, вызванные их взаимодействиями с различными частицами или друг с другом.

Символическая запись ядерной реакции:

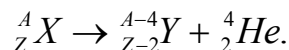


или

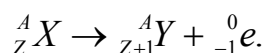


где X и Y – исходное и конечное ядра; a и b – исходная и конечная частицы в реакции. Для обозначения частиц a и b приняты следующие символы: p – протон; n – нейтрон; d – дейтрон; α – альфа-частица; γ – гамма-фотон.

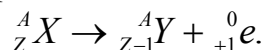
30. При α -распаде массовое число дочернего ядра уменьшается на 4, а зарядовое число на 2



31. При β -распаде зарядовое число Z увеличивается на единицу, а массовое число A остается неизменным



32. Для позитронного β^+ -распада



33. Энергия ядерной реакции (тепловой эффект)

$$Q = c^2 \cdot [(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)],$$

где m_1 и m_2 – массы покоя ядра – мишени и бомбардирующей частицы; $(m_3 + m_4)$ – сумма масс покоя ядер продуктов реакции.

34. Закон сохранения электрических зарядов:

$$Z_{\text{я}} \cdot e = \sum_i Z_i e.$$

35. Закон сохранения массовых чисел:

$$A_{\text{я}} = \sum_i A_i,$$

где $Z_{\text{я}} e$ и $A_{\text{я}}$ – соответственно заряд и массовое число материнского ядра;

Z_i и A_i – соответственно заряды и массовые числа частиц, получившихся в результате радиоактивного распада.

36. Закон радиоактивного распада

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

где N_0 – начальное число радиоактивных ядер при $t = 0$. Коэффициент пропорциональности λ – это вероятность распада ядра за время $\Delta t = 1$ с. За время $\tau = 1 / \lambda$ количество нераспавшихся ядер уменьшится в $e \approx 2,7$ раза, τ – среднее время жизни радиоактивного ядра.

Закон радиоактивного распада удобно записать в другом виде, используя в качестве основания число 2, а не e

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-t/T},$$

где T – период полураспада.

37. Число ядер, распавшихся за время t

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda t}).$$

В случае если интервал времени Δt , за который определяется число распавшихся ядер, много меньше периода полураспада T , то число распавшихся ядер можно определить по формуле

$$\Delta N = \lambda \cdot N \cdot \Delta t.$$

38. Зависимость периода полураспада от постоянной радиоактивного распада

$$T = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln 2 = \tau \cdot \ln 2 = 0,693 \cdot \tau.$$

39. Число N атомов, содержащихся в радиоактивном изотопе,

$$N = m \cdot N_A / M,$$

где m – масса изотопа; M – молярная масса; N_A – постоянная Авогадро.

40. Активность A радиоактивного изотопа:

$$A = -dN / dt = \lambda \cdot N$$

или

$$A = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot e^{-\lambda t},$$

где dN – число ядер, распадающихся за интервал времени dt ; A_0 – активность изотопа в начальный момент времени.

41. Удельная активность изотопа

$$a = A/m.$$

42. Средняя энергия квантового одномерного осциллятора

$$\langle \varepsilon \rangle = \varepsilon_0 + \frac{\hbar \cdot \omega}{e^{\hbar \omega / (k \cdot T)} - 1},$$

где ε_0 – нулевая энергия ($\varepsilon_0 = \frac{1}{2} \cdot \hbar \cdot \omega$); \hbar – постоянная Планка; ω – круговая частота колебаний осциллятора; k – постоянная Больцмана; T – термодинамическая температура.

43. Молярная внутренняя энергия системы, состоящей из невзаимодействующих квантовых осцилляторов

$$U_m = U_{0m} + 3 \cdot R \cdot \Theta_E / (e^{\Theta_E / T} - 1),$$

где R – молярная газовая постоянная; $\Theta_E = \hbar \cdot \omega / k$ – характеристическая температура Эйнштейна; $U_{0m} = \frac{2}{3} \cdot R \cdot \Theta_E$ – молярная нулевая энергия (по Эйнштейну).

44. Молярная теплоёмкость кристаллического твердого тела в области низких температур (предельный закон Дебая)

$$C_m = \frac{12 \cdot \pi^4}{5} \cdot R \cdot \left(\frac{T}{\Theta_D} \right)^3 = 234 \cdot R \cdot \left(\frac{T}{\Theta_D} \right)^3 \quad (T \ll \Theta_D).$$

45. Теплота, необходимая для нагревания тела,

$$Q = \frac{m}{M} \cdot \int_{T_1}^{T_2} C_m dT,$$

где m – масса тела; M – молярная масса; T_1 и T_2 – начальная и конечная температуры тела.

46. Распределение свободных электронов в металле по энергиям при 0°К

$$dn(\varepsilon) = \frac{1}{2 \cdot \pi^2} \cdot \left(\frac{2 \cdot m}{h^2} \right)^{3/2} \cdot \varepsilon^{1/2} d\varepsilon,$$

где $dn(\varepsilon)$ – концентрация электронов, энергия которых заключена в пределах от ε до $\varepsilon + d\varepsilon$; m – масса электрона. Это выражение справедливо при $\varepsilon < \varepsilon_F$ (где ε_F – энергия или уровень Ферми).

47. Энергия Ферми в металле при $T=0$ К

$$\varepsilon_F = \frac{\hbar^2}{2 \cdot m} \cdot (3 \cdot \pi^2 \cdot n)^{2/3},$$

где n – концентрация электронов в металле.

48. Удельная проводимость собственных полупроводников

$$\gamma = \gamma_0 \cdot \exp(-\Delta E / 2 \cdot k \cdot T),$$

где ΔE – ширина запрещенной зоны; γ_0 – константа.

49. Сила тока в p - n -переходе

$$I = I_0 \cdot [\exp(e \cdot U / k \cdot T) - 1],$$

где I_0 – предельное значение силы обратного тока; U – внешнее напряжение, приложенное к p - n -переходу.

50. Внутренняя контактная разность потенциалов

$$U_{12} = (\varepsilon_{F1} - \varepsilon_{F2}) / e$$

где ε_{F1} и ε_{F2} – энергия Ферми соответственно для первого и второго металлов; e – заряд электрона.

2.2. Задачи по физике

2.2.1. Механика, молекулярная физика и термодинамика

1. От перекрёстка по двум прямым, пересекающимся под углом 60° дорогам удаляются машины: одна со скоростью 60 км/ч, другая со скоростью 80 км/ч. Определить скорости, с которыми машины удаляются друг от друга. Перекрёсток машины прошли одновременно.

2. Человек находится в поле на расстоянии $l = 60$ м от прямолинейного участка шоссе. Справа от себя он замечает движущийся по шоссе автобус (рис. 30). В каком направлении (под каким углом с перпендикуляром) следует бежать к шоссе, чтобы успеть сесть в автобус? Скорость автобуса 16 м/с, скорость человека 4 м/с.

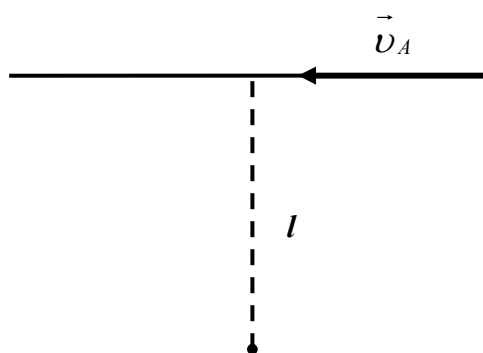


Рис. 30. К задаче 1

3. В центре реки шириной L находится буй. Под каким углом к берегу лодочник должен направить лодку, чтобы причалить к бую. Скорость лодки относительно воды \vec{v}' , скорость течения изменяется по мере удаления от берега по закону $u = k \cdot x$, где x – расстояние до берега, k – постоянная.

4. Известно, что три четверти своего пути автомобиль прошёл со скоростью 60 км/ч, остальную часть пути – со скоростью 80 км/ч. Какова средняя путевая скорость автомобиля?

5. Первую половину пути тело двигалось со скоростью 2 м/с, вторую – со скоростью 8 м/с. Определить среднюю путевую скорость тела.

6. Две пристани расположены на расстоянии 90 км друг от друга. Двигаясь без остановки по течению, теплоход затрачивает на преодоление этого расстояния 3 часа, а в обратном направлении – 5 часов. Определить скорость течения реки и собственную скорость теплохода.

7. В безветренную погоду самолёт затрачивает на перелёт между городами 6 часов. Если во время полёта дует боковой ветер перпендикулярно линии полёта, то самолёт затрачивает на 9 минут больше. Най-

дите скорость ветра, если скорость самолёта относительно воздуха постоянна и равна 328 км/ч.

8. Горизонтальный диск вращается вокруг своей оси, делая 5 об/мин. Человек идет вдоль радиуса диска с постоянной скоростью 1,5 м/с относительно диска (рис. 31). Как меняется модуль скорости человека относительно земли в зависимости от расстояния r от оси диска? Чему равен модуль этой скорости на расстоянии $R = 3$ м от оси диска?

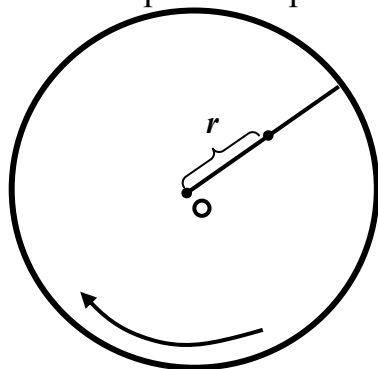


Рис. 31. К задаче 8

9. Два тела брошены вертикально вверх с начальной скоростью 19,6 м/с с промежутком времени 0,5 с. Через какое время после бросания второго тела и на какой высоте встретятся тела?

10. Тело начинает двигаться из состояния покоя равноускоренно и за десятую секунду проходит путь 38 м. Найти путь пройденный телом за двенадцатую секунду движения.

11. Пуля летящая со скоростью 400 м/с, попадает в земляной вал, начинает двигаться равнозамедленно и проникает в него на глубину 36 см. Определить:

- время движения пули внутри вала;
- ускорение пули;
- скорость пули на глубине 18 см;
- на какой глубине скорость пули уменьшится в три раза;
- скорость пули, когда она пройдёт 99% своего пути.

12. Пассажир, стоящий у начала третьего вагона поезда, определил, что начавший двигаться вагон прошёл мимо него за 5 с, а весь поезд за 15,8 с. Поезд двигался равноускоренно. Сколько вагонов в поезде? За какое время мимо пассажира прошёл последний вагон.

13. Тело начинает двигаться с начальной скоростью 3 м/с из точки A прямолинейно в точку B с ускорением $0,2$ м/с². Расстояние между точками 3460 м. Через 20 с из точки B в точку A начинает двигаться равноускоренно второе тело с начальной скоростью 7 м/с. Через 100 с после

начала движения первого тела, они встретились. Найти ускорение и скорость второго тела в момент встречи.

14. Уравнение движения материальной точки вдоль оси имеет вид:

$x = A + B \cdot t + C \cdot t^3$, где $A = 2$ м, $B = 1,5$ м/с, $C = -0,5$ м/с². Найти: 1) координату x , скорость v_x и ускорение a_x точки в момент времени $t = 2$ с; 2) среднюю скорость и среднее ускорение за этот промежуток времени.

15. Движение материальной точки в плоскости XU описывается законом $x = A \cdot t$, $y = A \cdot t \cdot (1 + B \cdot t)$, где A и B – положительные постоянные. Определить: 1) уравнение траектории материальной точки $y(x)$; 2) радиус-вектор \vec{r} точки в зависимости от времени; 3) скорость v точки в зависимости от времени; 4) ускорение a точки в зависимости от времени.

16. Материальная точка движется вдоль прямой так, что её ускорение линейно растёт и за первые 10 с достигает значения 5 м/с². Определить в конце десятой секунды: 1) скорость точки; 2) путь, пройденный точкой.

17. Вычислить начальную скорость брошенного вертикально вверх тела, если известно, что это тело находилось на одной и той же высоте $h = 8,6$ м два раза с интервалом 3 с. Сопротивлением воздуха пренебречь..

18. Со скоростью 10 м/с вертикально вверх с балкона брошено тело. Высота балкона над поверхностью земли 12,5 м. Написать уравнение движения и определить среднюю путевую скорость с момента бросания до момента падения на землю.

19. Материальная точка движется по плоскости согласно уравнению $r(t) = i \cdot A \cdot t^3 + j \cdot B \cdot t^2$. Написать зависимости 1) $v(t)$; 2) $a(t)$.

20. Вертикально вверх с ускорением $2 \cdot g$ стартует ракета. Через 20 с двигатель ракеты отключается. Через какое время после старта ракета упадёт на поверхность Земли? Какова скорость соприкосновения обломков ракеты с Землёй? Постройте зависимости ускорения, скорости, координаты и пройденного пути от времени.

21. С поверхности Земли бросили тело с начальной скоростью v_0 , направленной под углом α к горизонту. Найти: а) кинематические уравнения движения; б) уравнение траектории; в) максимальную дальность полета тела S_{max} ; г) максимальную высоту подъема h_{max} ; д) время полета тела τ ; е) время подъема тела t_1 .

22. Тело брошено под некоторым углом α к горизонту. Найти этот угол, если горизонтальная дальность полёта тела в четыре раза больше максимальной высоты подъёма.

23. Тело брошено под углом 70° к горизонту со скоростью 40 м/с . Определить модуль скорости тела через 3 с после начала движения и направление вектора скорости. Сопротивлением воздуха пренебречь.

24. Под углом 60° к горизонту со скоростью 5 м/с бросили маленький мячик в вертикальную стену, расположенную на расстоянии $1,5 \text{ м}$ от места бросания. Под каким углом к горизонту отскочил мячик после абсолютно упругого удара о стену? Сопротивлением воздуха пренебречь.

25. С некоторой высоты H свободно падает стальной шарик. Через 1 с после своего падения он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под углом 45° к горизонту, и до момента падения на Землю пролетает по горизонтали 20 м . Каково значение H ? Удар шарика о плиту считать абсолютно упругим. Сопротивлением воздуха пренебречь.

26. Мяч, брошенный под углом 45° к горизонту с расстояния $6,4 \text{ м}$ от забора, пролетел через него, коснувшись его в самой верхней точке траектории. Какова высота забора над уровнем, с которого брошен мяч?

27. Маленький шарик падает вертикально вниз на плоскость, имеющую угол наклона к горизонту 30° и упруго отражается от неё. Следующий удар шарика о плоскость происходит на расстоянии 20 см от места первого удара. Определите промежуток времени между первым и вторым ударами шарика о плоскость.

28. Под каким углом к горизонту нужно бросить тело, чтобы наибольшая высота подъёма тела была равна дальности полёта, если на тело действует встречный ветер, сообщающий ему ускорение a ?

29. Из миномета ведут обстрел объекта, расположенного на склоне горы (рис. 32). 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 равна v_0 ?

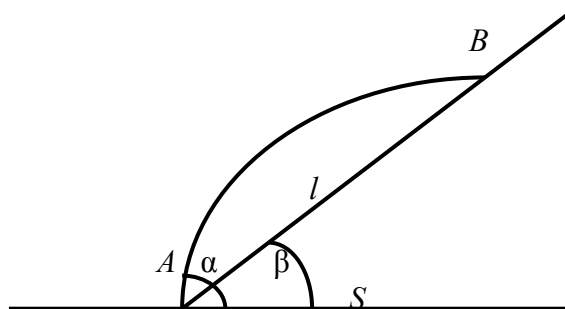


Рис.32. Наклонная плоскость

30. Снаряд, выпущенный из орудия под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, дважды был на одной и той же высоте h : спустя время $t_1 = 10 \text{ с}$ и $t_2 =$

50 с после выстрела. Определить начальную скорость и высоту подъёма снаряда.

31. Точка движется, замедляясь по прямой с ускорением, модуль которого зависит от ее скорости v по закону $a = A \cdot \sqrt{v}$, где A – положительная постоянная. В начальный момент скорость точки равна v_0 . Какой путь она пройдет до остановки? За какое время этот путь будет пройден?

32. Частица движется равномерно по параболической траектории $y = A \cdot x^2$, где A – положительная постоянная. Найти ускорение частицы в точке $X = 0$.

33. Написать для четырёх случаев представленных на рисунке (рис. 33): 1) кинематические уравнения движения $x = f_1(t)$ и $y = f_2(t)$; 2) уравнение траектории $y = \varphi(x)$. На каждой позиции рисунка – а, б, в, г – изображены координатные оси, указаны начальные положение точки A , её начальная скорость v_0 и ускорение g .

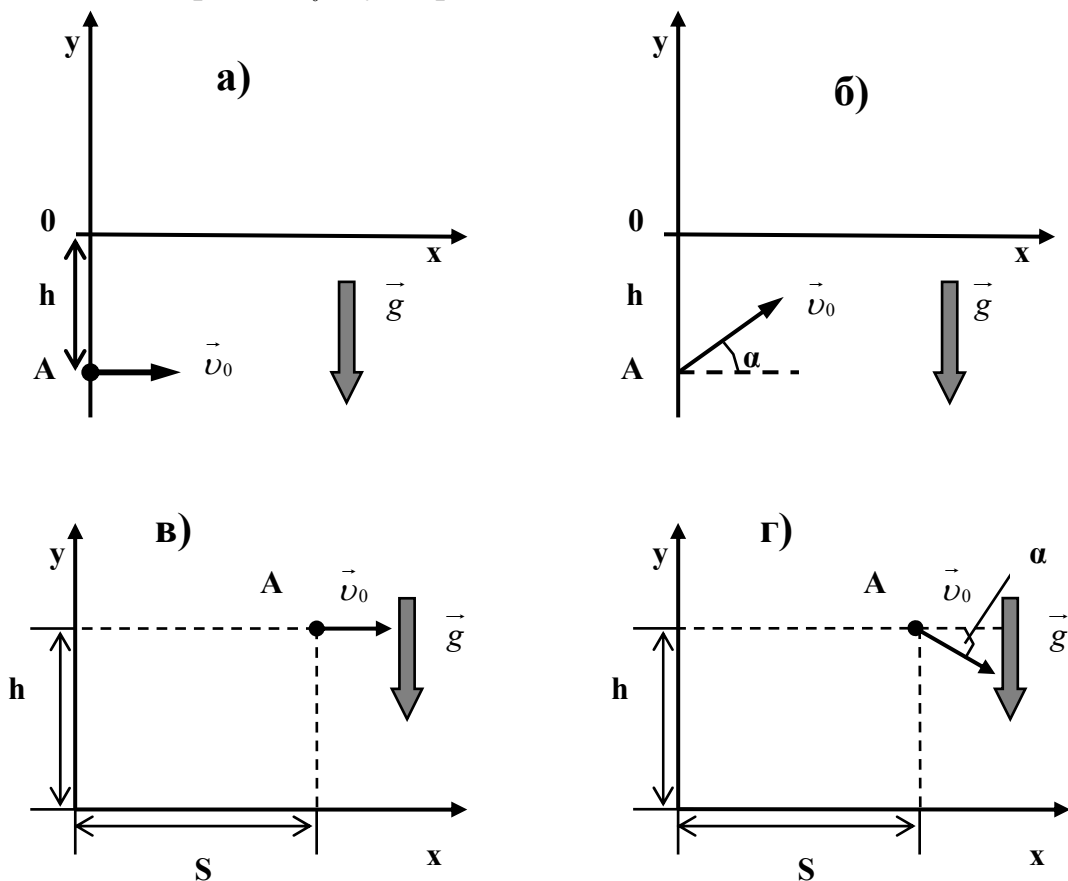


Рис.33. К задаче 24

34. Частица движется по круговой траектории с постоянным угловым ускорением 1 рад/с^2 . Найти угол между вектором скорости частицы

и ускорением через 1 с после начала движения, если в начале движения частица покоится.

35. Две частицы одновременно движутся по окружности радиуса 2 м в соответствии с уравнениями:

$$\varphi_1 = 2 + 2 \cdot t;$$

$$\varphi_2 = -3 + 4 \cdot t.$$

Определить относительную скорость частиц в момент их встречи.

36. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением 3 рад/с. Определите радиус колеса, если через 1 с после начала движения полное ускорение колеса $7,5 \text{ м/с}^2$.

37. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободу диска, от времени задаётся уравнением $v = A \cdot t + B \cdot t^2$, где $A = 0,3 \text{ м/с}$; $B = 0,1 \text{ м/с}^3$. Определите угол, который образует вектор полного ускорения с радиусом колеса через 2 с от начала движения.

38. Определить линейные скорости v_1 и v_2 и центростремительные ускорения a_{n1} и a_{n2} точек, лежащих на земной поверхности: 1) на экваторе; 2) на широте г. Юрги ($\varphi = 56,5^\circ$).

39. Материальная точка движется по окружности радиуса R так, что зависимость угла поворота радиуса – вектора точки от времени дается соотношением $\varphi = \alpha \cdot t^3$. Найти полное ускорение точки как функцию времени.

40. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону, выражаемому формулой $\varphi = 20 + 40 \cdot t - 2 \cdot t^2$. Найти по величине и направлению полное ускорение точки, находящейся на расстоянии 0,1 м от оси вращения, для момента времени $t = 5 \text{ с}$ (все величины в уравнениях заданы в единицах СИ).

41. Четыре одинаковых бруска толщиной 2 см каждый плавают в воде. На сколько изменится глубина погружения брусков, если снять один верхний брусок?

42. Два деревянных бруска массами $m_1 = 2 \text{ кг}$ и $m_2 = 1 \text{ кг}$ лежат на горизонтальной поверхности (рис. 34). 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?

43. Тело массой 5 кг придавлено к вертикальной стене силой 10 Н (рис. 35). Какая сила необходима для того, чтобы равномерно перемещать его вертикально вверх по стене, если коэффициент трения 0,1?

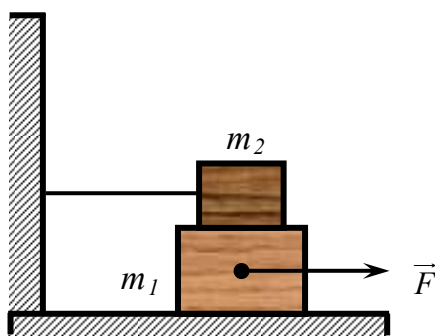


Рис. 34. К задаче 42

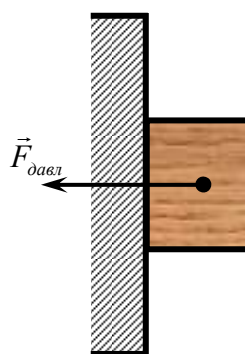


Рис. 35. К задаче 43

44. Какой массы m_x балласт надо сбросить с равномерно поднимающегося аэростата, чтобы он начал равномерно подниматься с той же скоростью? Масса аэростата с балластом $m = 1600$ кг, подъемная сила аэростата 12 кН. Считать силу сопротивления воздуха одной и той же при подъеме и при спуске.

45. К двум пружинам одинаковой длины с жесткостью k_1 и k_2 каждая, соединенным один раз последовательно (рис. 36, а), а другой раз – параллельно (рис. 36, б), подвешивают груз массой m . Найти общее удлинение пружин x и их общую жесткость k в каждом случае?

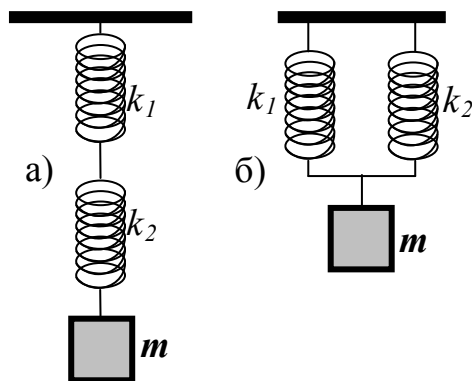


Рис. 36. К задаче 45

46. Радиус некоторой планеты в 2 раза меньше радиуса Земли, а период обращения спутника по низкой круговой орбите, совпадает с периодом обращения аналогичного спутника Земли. Чему равно отношение средних плотностей этой планеты и Земли?

47. Деревянный брусок находится на наклонной плоскости. С какой наименьшей силой надо прижать брусок к плоскости, чтобы он остался на нем в покое? Масса бруска 0,2 кг, длина плоскости 1 м, а высота 0,5 м. Коэффициент трения бруска о плоскость 0,4.

48. На гладкой горизонтальной плоскости лежит доска массы m_1 и на ней лежит брусок массы m_2 . К бруску приложили горизонтальную силу, увеличивающуюся со временем по закону $F = \alpha \cdot t$, где α – постоянная. Найти зависимость от t ускорений доски a_1 и бруска a_2 , если коэффициент трения между доской и бруском равен k .

49. Горизонтально расположенный диск вращается вокруг вертикальной оси с частотой 30 мин^{-1} . Наибольшее расстояние от оси вращения, на котором удерживается тело на диске, 20 см. Чему равен коэффициент трения тела о диск?

50. Брусок массой $m_1 = 1 \text{ кг}$ лежит на наклонной плоскости с углом при основании, равным $\alpha = 53^\circ$. Коэффициент трения бруска с плоскостью равен 0,5 (рис. 37). К бруску привязана невесомая нить, другой конец которой перекинут через неподвижный идеальный блок. К этому концу нити подвешивается груз массой $m_2 = 1 \text{ кг}$. Определите, придёт ли в движение брусок при подвешивании груза. Если придёт в движение, то в каком направлении? ($\sin 53^\circ \approx 0,8$; $\cos 53^\circ \approx 0,6$).

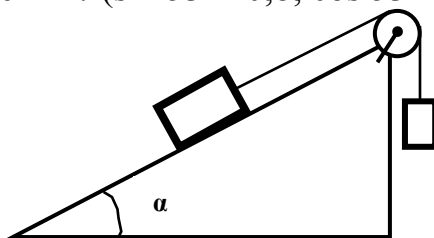


Рис.37. К задаче 50

51. Система грузов M , m_1 и m_2 (рис. 38), движется из состояния покоя. Поверхность стола – горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 равен 0,2. Грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2 \text{ кг}$, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое?

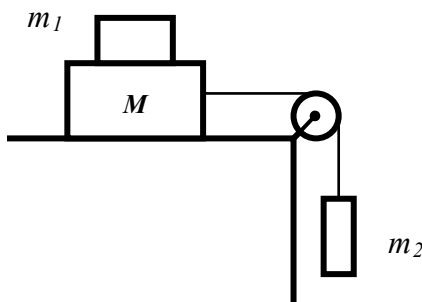


Рис. 38. К задаче 51

52. Два груза массами m_1 и m_2 связаны нитью, перекинутой через невесомый блок, укрепленный на вершине наклонной плоскости с угла-

ми α и β при основании (рис. 39). Грузы движутся равномерно в направлении показанном стрелкой. Определить коэффициент трения грузов о плоскость, считая его одинаковым для них.

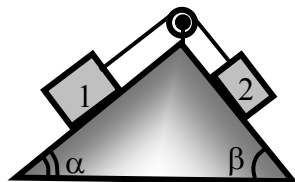


Рис. 39. К задаче 52

53. К пружинным весам подвешен блок. Через блок подвешен шнур, к концам которого привязали грузы массами 1,5 кг и 3 кг (рис. 40). Какого будет показание весов во время движения грузов? Массами блок и шнура пренебречь.

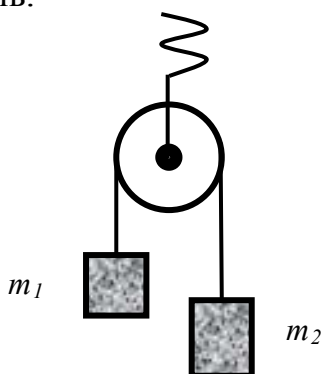


Рис. 40. К задаче 53

54. Груз, привязанный к шнуру длиной 50 см, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Какой угол образует шнур с вертикалью, если частота вращения 1 с^{-1} .

55. Тело массой 0,01 кг, прикрепленное к пружине длиной 0,3 м, равномерно вращается в горизонтальной плоскости (рис. 41). При каком числе оборотов в секунду пружина удлинится на 0,05 м, если жесткость пружины равна 400 Н/м?

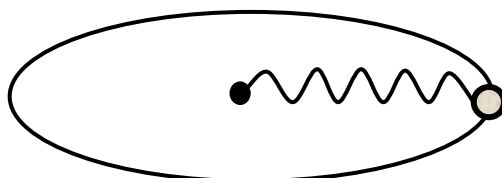


Рис. 41. К задаче 55

56. Через два неподвижных блока перекинута веревка, на которой подвешен подвижный блок с прикрепленным к нему грузом массой m_3 (рис. 42). К свободным концам веревки подвешены грузы массой m_1 и

m_2 . Определите, с каким ускорением движутся грузы и силу натяжения веревки. Массой блоков пренебрегаем.

57. С наклонной плоскости, угол наклона которой равен 30° , соскальзывают два груза массой 2 и 3 кг, которые связаны невесомой и нерастяжимой нитью (рис. 43). Коэффициенты трения между грузами и плоскостью равны соответственно 0,6 и 0,7. Определите силу натяжения нити.

58. Обруч радиуса R укреплен вертикально на полу. С вершины обруча соскальзывает без трения тело (рис. 44). На каком расстоянии от точки закрепления обруча упадет тело?

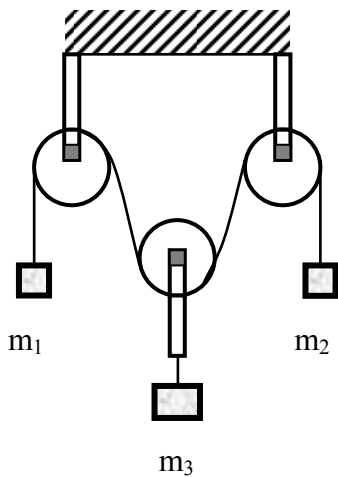


Рис. 42. К задаче 56

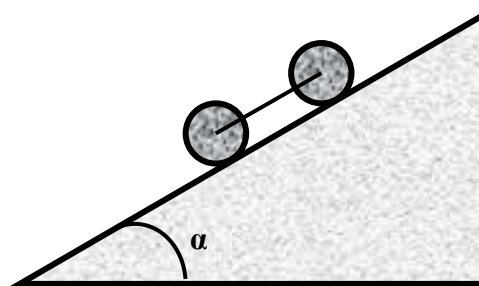


Рис. 43. К задаче 57

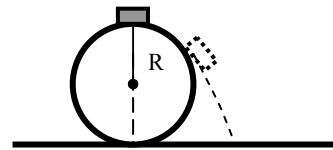


Рис. 44. К задаче 58

59. К вершине прямого кругового конуса прикреплена небольшая шайба с помощью нити длиной l . Вся система вращается вокруг оси конуса, расположенной вертикально. При каком числе оборотов в единицу времени шайба не будет отрываться от поверхности конуса? Угол при вершине конуса $2\alpha - 120^\circ$ (рис. 45).

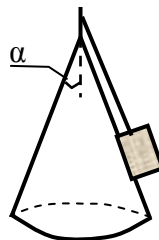


Рис. 45. К задаче 59

60. Пуля, пробив доску толщиной h , изменила свою скорость от v_0 до v . Найти время движения пули в доске, считая силу сопротивления пропорциональной квадрату скорости.

61. Ракета, масса которой в начальный момент времени 2 кг, запущена вертикально вверх. Относительная скорость продуктов сгорания $u = 150$ м/с, расход горючего $\mu = 0,2$ кг/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить ускорение ракеты через 3 с после начала движения. Поле силы тяжести считать однородным.

62. На железнодорожной платформе массой 16 т установлено орудие массой 3 т, ствол которого расположен вдоль полотна дороги под углом 60° к горизонтальной плоскости. Чему равна скорость снаряда массой 50 кг, если при выстреле платформы она откатилась на 3 м за 6 с?

63. Ветер действует на парус площадью S с силой $F = \frac{A \cdot S \cdot \rho \cdot (v_0 - v)^2}{2}$, где A – некоторая постоянная; ρ – плотность воздуха; v_0 – скорость ветра; v – скорость лодки. Определите скорость лодки при максимальной мгновенной мощности ветра.

64. Гирия массой 10 кг падает с высоты 0,5 м на подставку скрепленную с пружиной жёсткостью 30 Н/см (рис. 46). Определите при этом смещение x пружины.

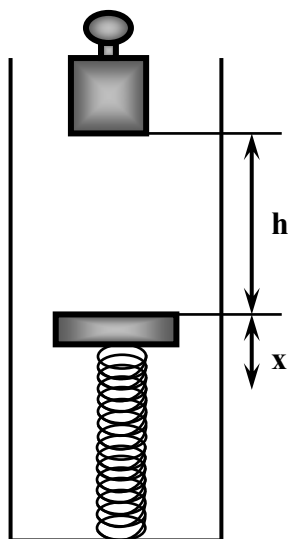


Рис. 46. К задаче 64

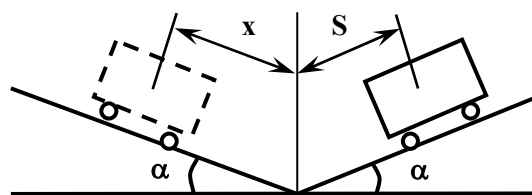


Рис. 47. К задаче 65

65. Тележка проходит расстояние $S = 300$ м под гору с уклоном $\alpha = 5^\circ$ и продолжает двигаться в гору с тем же уклоном (рис. 47). Принимая коэффициент трения равным 0,05, определить расстояние x , на которое поднимается тележка.

66. Шайба массой m скользит без трения с высоты h по желобу, переходящему в петлю радиусом R (рис. 48). Определить: 1) силу давления шайбы на опору в точке, определяемой углом α ; 2) угол α .

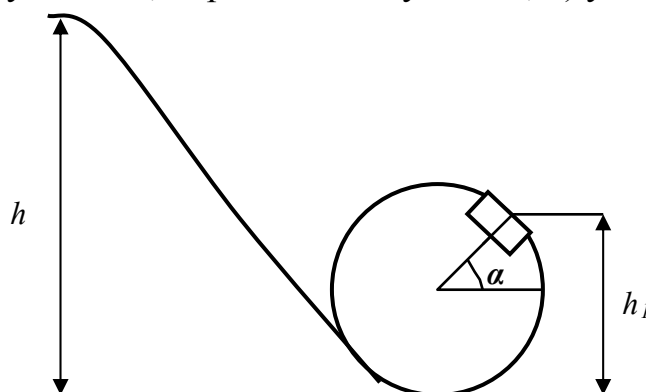


Рис. 48. К задаче 66

67. Пуля, летящая горизонтально со скоростью 120 м/с, пробивает лежащую на горизонтальной поверхности коробку и продолжает движение в прежнем направлении, потеряв 80% скорости. Масса коробки в 16 раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения между коробкой и столом $0,5$. На какое расстояние переместится коробка к моменту, когда её скорость уменьшится вдвое?

68. Пушка, закреплённая на высоте 5 м, стреляет в горизонтальном направлении снарядами массы 10 кг. Вследствие отдачи её ствол, имеющий массу 1000 кг, сжимает на 1 м пружину жесткости 6000 н/м, производящую перезарядку пушки. Считая, что относительная доля $\eta = 1/6$ энергии отдачи идёт на сжатие пружины, найдите дальность полёта снаряда.

69. На озере два рыбака сидят в покоящейся лодке, масса которой 100 кг и длина 6 м: один – на носу, а второй – на корме. Их массы равны соответственно 60 кг и 80 кг. Насколько сместится лодка относительно берега озера, если второй рыбак перейдёт к первому? Трением пренебречь.

70. Два шарика, массы которых отличаются в 3 раза, висят, соприкасаясь на вертикальных нитях (рис. 49). Лёгкий шарик отклоняют на угол 90° и отпускают без начальной скорости. Найти отношение импульса лёгкого шарика к импульсу тяжёлого шарика сразу после абсолютно упругого центрального соударения.

71. Шарик массой m , летящий горизонтально со скоростью v_0 (рис. 50), 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?

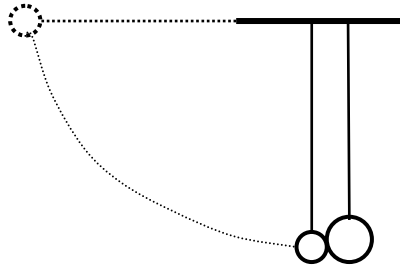


Рис. 49. К задаче 70

72. 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. 50). На какую высоту h поднимется шар с пулей?

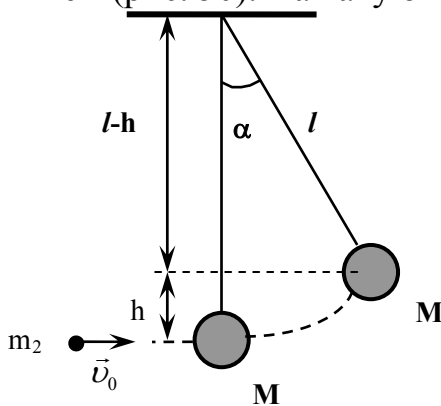


Рис. 50. К задаче 71

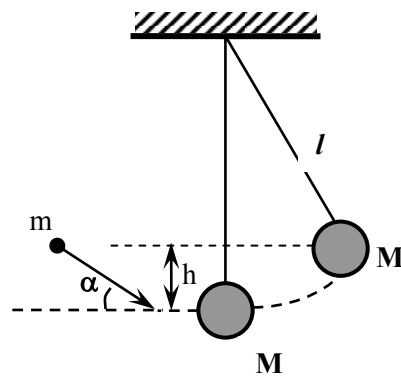


Рис. 50. К задаче 72

73. Два костяных шарика одинаковых масс налетают друг на друга со скоростями v_1 и v_2 под углом α и разлетаются после абсолютно упругого удара со скоростями u_1 и u_2 . Найти угол разлёта (угол между \vec{u}_1 и \vec{u}_2).

74. Молот массой $m_1 = 200$ кг падает на поковку, масса m_2 , которой вместе с наковальной равна 2500 кг. Скорость v_1 молота в момент удара равна 2 м/с. Найти: 1) кинетическую энергию T_1 молота в момент удара; 2) энергию T_2 , переданную фундаменту; 3) энергию T , затраченную на деформацию поковки; 4) коэффициент полезного действия η удара молота о поковку. Удар молота о поковку считать неупругим.

75. Телу сообщили на полюсе Земли скорость v_0 , направленную вертикально вверх. Зная радиус Земли и ускорение свободного падения на её поверхности, найти высоту, на которую поднимется тело. Сопротивлением воздуха пренебречь.

76. Определить какую скорость имеет метеорит массой m на расстоянии $r = 1,5 \cdot 10^{11}$ м от Солнца, если он двигался без начальной скорости из бесконечности к Солнцу. Влиянием других тел пренебречь.

77. Из двух соударяющихся абсолютно упругих шаров больший шар покоился. В результате прямого удара меньший шар потерял $3/4$ своей кинетической энергии. Определить отношение $k = \frac{M}{m}$ масс шаров.

78. Искусственный спутник обращается вокруг Земли по окружности на высоте 3,6 Мм. Определить линейную скорость спутника.

79. Ракета, запущенная с Земли на Марс, летит, двигаясь вокруг Солнца по эллиптической орбите (рис. 51). Среднее расстояние планеты Марс от Солнца 1,5 а. е. Сколько времени будет лететь ракета до встречи с Марсом?

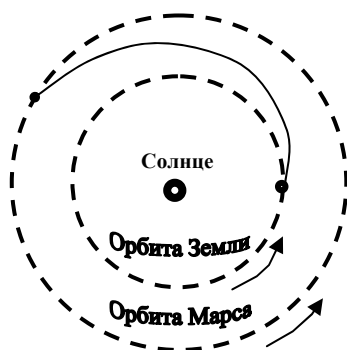


Рис. 51. К задаче 79

80. Комета движется вокруг Солнца по эллипсу с эксцентриситетом $\varepsilon = 0,6$. Во сколько раз линейная скорость кометы в ближайшей к Солнцу точке орбиты больше, чем в наиболее удалённой?

81. Вычислить момент инерции проволочного прямоугольника со сторонами 12 см и 16 см относительно оси, лежащей в плоскости прямоугольника и проходящей через середины малых сторон. Масса равномерно распределена по длине проволоки с линейной плотностью $\tau = 0,1$ кг/м.

82. В однородном диске массой 1 кг и радиусом $r = 30$ см вырезано круглое отверстие диаметром $d = 20$ см, центр которого находится на расстоянии $l = 15$ см от диска (рис. 52). Найти момент инерции полученного тела относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости диска через его центр.

83. Вал массой 100 кг и радиусом 5 см вращался с частотой 8 с^{-1} . К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой 40 Н, под действием которой вал остановился через 10 с. Определить коэффициент трения.

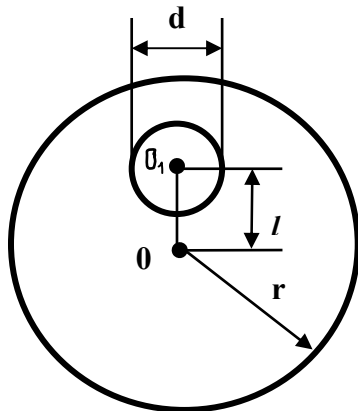


Рис.52. К задаче 82

84. Два тела массами $m_1 = 0,25$ кг и $m_2 = 0,15$ кг связаны тонкой нитью, переброшенной через блок (рис. 53). Блок укреплен на краю горизонтального стола, по поверхности которого скользит тело массой m_1 . С каким ускорением движутся тела и каковы силы T_1 и T_2 натяжения нити по обе стороны от блока? Коэффициент трения тела о поверхность стола равен 0,2. Масса m блока равна 0,1 кг и её можно считать равномерно распределённой по ободу. Массой нити и трением в подшипниках оси блока пренебречь.

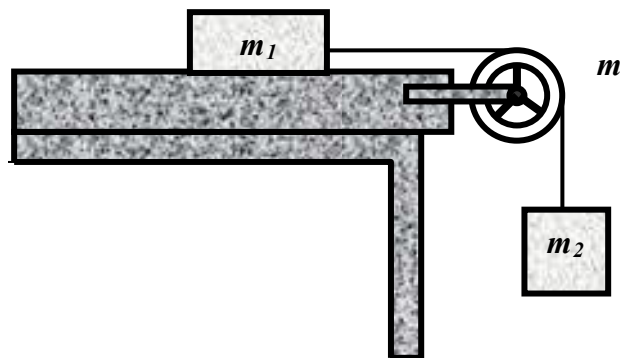


Рис. 53. К задаче 84

85. Платформа в виде сплошного диска радиусом $R = 1,5$ м и массой $M = 180$ кг вращается по инерции вокруг вертикальной оси с частотой $n = 10$ об/мин. В центре платформы стоит человек массой $m = 60$ кг. Какую линейную скорость будет иметь человек, если он перейдет на край платформы?

86. Платформа, имеющая форму круглого диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой 60 кг. На какой угол повернется платформа, если человек пройдет вдоль края платформы и, обойдя его, вернется в исходную точку на платформе? Масса платформы равна 240 кг. Момент инерции рассчитывать как для материальной точки.

87. Диск диаметром 60 см и массой 1 кг вращается вокруг оси, проходящей через центр перпендикулярно к его плоскости с частотой 20 об/с. Какую работу надо совершить, чтобы остановить диск?

88. Однородный диск радиусом R раскрутили до угловой скорости ω и осторожно положили на горизонтальную поверхность. Коэффициент трения между диском и поверхностью – μ . Определить, сколько оборотов сделает диск до остановки, и в течение какого времени диск будет вращаться. Считать, что давление диска на поверхность распределяется равномерно.

89. Свинцовая проволока подвешена в вертикальном положении за верхний конец. Какую наибольшую длину может иметь проволока, не обрываясь под действием силы тяжести? Предел прочности свинца $\sigma_{св}$ равен 12,3 МПа.

90. Какую скорость должно иметь тело, чтобы его продольные размеры уменьшились для неподвижного наблюдателя K в 3 раза? До этого тело покоилось относительно данного наблюдателя.

91. При какой относительной скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25 %?

92. Собственное время жизни τ_0 мю-мезона равно 2 мкс. От точки рождения до точки распада в лабораторной системе отсчёта мю-мезон пролетел расстояние 6 км. С какой скоростью (в долях скорости света) двигался мезон?

93. На сколько процентов изменятся продольные размеры протона и электрона после прохождения ими разности потенциалов $U = 10^6$ В?

94. Две ракеты движутся навстречу друг другу со скоростью $3/4c$ относительно неподвижного наблюдателя k . Определить скорость сближения ракет.

95. Частица с кинетической энергией $T = m_0 \cdot c^2$ налетает на другую такую же частицу, которая в лабораторной системе отсчёта покоится. Найти суммарную кинетическую энергию T' частиц в системе отсчёта, связанной с центром инерции системы частиц.

96. На релятивистскую частицу массой m , движущуюся прямолинейно действует постоянная сила. Определить зависимость скорости частицы от времени.

97. Определить работу, которую необходимо совершить, чтобы увеличить скорость частицы от $0,5 \cdot c$ до $0,7 \cdot c$.

98. Полый медный шар плавает в воде, наполовину погружившись в нее. Найти массу меди в нем, если объем полости $V_{пол} = 15 \text{ см}^3$.

99. В сосуд льётся вода, причём за единицу времени наливается объём воды $V_1 = 0,2$ л/с. Каким должен быть диаметр d отверстия в дне сосуда, чтобы вода в нём держалась на постоянном уровне $h = 8,3$ см?

100. Свинцовый шарик равномерно падает в глицерине, вязкость которого равна $\eta = 1,39$ Па·с. При каком максимальном диаметре шарика d его обтекание еще остается ламинарным, если известно, что переход к турбулентному обтеканию соответствует числу Рейнольдса $Re = 0,5$ (за характерный размер в этом числе взят d)?

101. На дне цилиндрического стакана с водой лежит кусок льда. Когда лёд растаял, то уровень воды в стакане изменился на $\Delta h = 4$ см. Какова была сила давления льда на дно стакана? Площадь дна стакана 12 см².

102. Ареометр массы 55 г, плавающий в растворе серной кислоты, указывает, что плотность жидкости $1,27$ г/см³. Если прибор сместить из положения его равновесия немного по вертикали и отпустить, он начнёт колебаться. Считая колебания незатухающими, определить их период, если радиус цилиндрической трубки ареометра, в которой заключена его шкала, равен $0,30$ см.

103. При нагревании газа на 1 К при постоянном давлении его объём увеличился в 2 раза. В каком интервале температур происходило нагревание?

104. В закрытом теплонепроницаемом сосуде находится озон (O_3) при температуре $T_1 = 840$ К. Через некоторое время озон полностью превращается в кислород (O_2). Определить во сколько раз возрастет при этом давление в сосуде, если на образование одной грамм-молекулы озона из кислорода нужно затратить $q = 34000$ кал. Теплоёмкость одной грамм-молекулы кислорода при постоянном объеме считать равной $C_v = 5 \frac{\text{кал}}{\text{град} \cdot \text{моль}}$.

105. Открытый сосуд содержит воздух при температуре $T_1 = 300$ К. какая часть массы воздуха останется в нем при нагревании до температуры $T_2 = 723$ К? тепловым расширение сосуда пренебречь.

106. Найти плотность азота при температуре $T = 300$ К и давлении $0,1$ МПа.

107. Сосуд объемом $V = 100$ л разделен на 2-е равные части полупроницаемой перегородкой. В одной части сосуда находится $m_1 = 2$ г. водорода, во второй – $\nu_2 = 1$ моль азота. Найти давление, установившееся по обе стороны перегородки, если она может пропускать только водород. Температура в обеих половинах сосуда одна и та же: $T = 400$ К и постоянна.

108. Цилиндр длиной $L = 85$ см разделен на две части подвижным поршнем. Одна часть цилиндра заполнена кислородом, а другая – водородом. При каком положении поршня давление в обеих частях цилиндра будут одинаковы? Температуры и массы газов в обеих частях цилиндра одинаковы.

109. Два сосуда, содержащие один и тот же газ, соединены трубкой с краном. Объемы сосудов равны V_1 и V_2 , а давления в них P_1 и P_2 . Каким будет давление газа после открытия крана соединительной трубки? (температура газа постоянная).

110. Определите плотность смеси, состоящей из 4 г водорода и 32 г кислорода при температуре 4°C и давлении 93,3 кПа.

111. Средний квадрат скорости поступательного движения молекул некоторого газа, находящегося под давлением 50 кПа, равен $2,02 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{с}^2$. Вычислите плотность этого газа при данных условиях.

112. В баллоне ёмкостью 20 л находится кислород при температуре 17°C и давлении 400 кПа. Спустя несколько часов температура кислорода возросла до 27°C , а давление осталось прежним. Сколько кислорода вытекло?

113. В сосуде с подвижным поршнем находится газ при давлении $P_1 = 1,0 \cdot 10^5$ Па и температуре $T_1 = 27$ К. Каким станет давление газа, если его объем уменьшить вдвое, а температуру повысить до 600 К?

114. Сосуд разделен перегородками на три части, объёмы которых равны V_1, V_2, V_3 и в которых находятся газы при давлении P_1, P_2, P_3 соответственно. Какое давление установится в сосуде после удаления перегородок, если температура при этом осталась неизменной?

115. Два баллона соединены трубкой с краном, в первом находится газ при давлении $P = 10^5$ Па, во втором при $P_1 = 0,6 \cdot 10^5$ Па. Емкость первого баллона $V_1 = 1$ л, второго $V_2 = 3$ л. какое давление установится в баллонах, если открыть кран? Температура постоянная. Объемом трубки можно пренебречь.

116. Нефть хранится в баке, имеющем форму прямоугольного параллелепипеда высотой 8 м, длиной 2 м, шириной 1,2 м. Определите силы, с которыми нефть давит на дно и на боковую стенку бака.

117. Баллон вместимостью 30 л содержит смесь водорода и гелия при температуре 300 К и давлении 828 кПа. Масса смеси равна 24 г. Определить массу водорода и массу гелия.

118. Определить среднее значение полной кинетической энергии одной молекулы гелия, кислорода и водяного пара при температуре 400 К.

119. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше средней квадратичной скорости пылинки массой 10^{-8} г, находящейся среди молекул кислорода?

120. Водород находится при нормальных условиях и занимает объем 1 см^3 . Определите число ΔN молекул в этом объеме, обладающих скоростями, меньшими некоторого значения $v_{\max} = 1 \text{ м/с}$.

121. На какой высоте давление воздуха составляет 60% от давления на уровне моря? Считать температуру воздуха везде одинаковой и равной 10^0 С .

122. Найти вероятность W того, что данная молекула идеального газа имеет скорость, отличную от $2 \cdot v_g$ не более чем на 1%.

123. Число молекул, энергия которых заключена в пределах от нуля до некоторого значения ε , составляет 0,1% от общего числа молекул. Определить величину ε в долях $k \cdot T$.

124. Найти число всех соударений, которые происходят в течение 1 с между всеми молекулами водорода, занимающего при нормальных условиях объем 1 мм^3

125. Найти динамическую вязкость гелия при нормальных условиях, если диффузия D при тех же условиях равна $1,06 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

126. Определить среднюю продолжительность среднего пробега молекул водорода при температуре 27^0 С и давлении 5 кПа. Эффективный диаметр молекулы водорода принять равным 0,28 нм.

127. Определить, во сколько раз отличаются коэффициенты динамической вязкости углекислого газа и азота, если оба газа находятся при одинаковых температуре и давлении. Эффективные диаметры этих молекул считать равными.

128. Два горизонтальных диска радиусами 20 см расположены друг над другом так, что оси их совпадают. Расстояние между плоскостями дисков равно 0,5 см. Верхний диск неподвижен, нижний вращается относительно геометрической оси с частотой 10 с^{-1} . Найти вращающий момент, действующий на верхний диск. Динамическая вязкость воздуха, в котором находятся диски, равна $17,2 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$.

129. При электролизе воды образуется кислород O_2 и водород H_2 . Газы отводят в сосуд объемом 100 л, поддерживая в нём температуру 300 К. Чему равна масса воды, которая разложилась в результате электролиза, чтобы суммарное давление в сосуде достигло 0,1 атм? Считать, что ничего не взрывается.

130. Воздушный шар объемом 2500 м^3 с массой оболочки 400 кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Температура окружающего воздуха 7^0 С , его плотность $1,2 \text{ кг/м}^3$.

При какой минимальной разности температур воздуха внутри шара и снаружи шар взлетит вместе с грузом (корзиной и воздухоплавателем) массой 200 кг? Оболочку шара считать нерастяжимой.

131. В водонепроницаемый мешок, лежащий на дне моря на глубине 73,1 м, закачивается сверху воздух. Вода вытесняется из мешка через нижнее отверстие, и когда объём воздуха в мешке достигает 28 м^3 , мешок всплывает вместе с прикрепленным к нему грузом. Масса оболочки мешка 2710 кг. Определите массу груза. Температура воды равна 7°C , атмосферное давление на уровне моря 10^5 Па . Объёмом груза и стенок мешка пренебречь.

132. Теплоизолированный сосуд объёмом 2 м^3 разделён теплоизолирующей перегородкой на две равные части. В одной части сосуда находится 2 моль гелия, а в другой – такое же количество молей аргона. Начальная температура гелия равна 300 К, а температура аргона 600 К. Определите давление смеси после удаления перегородки. Теплоёмкостью сосуда пренебречь.

133. В сосуде находится 12 г одноатомного идеального газа молярная масса которого $0,0004 \text{ кг/моль}$. Вначале давление в сосуде было $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ при температуре 400 К. После охлаждения газа давление понизилось до $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Какое количество теплоты отдал газ?

134. Вертикально расположенный замкнутый цилиндрический сосуд высотой 50 см разделён подвижным поршнем весом 110 Н на две части, в каждой из которых содержится одинаковое количество водорода при температуре 361 К (рис. 54). Какая масса газа находится в каждой части цилиндра, если поршень находится на высоте 20 см от дна сосуда? Толщиной поршня пренебречь.

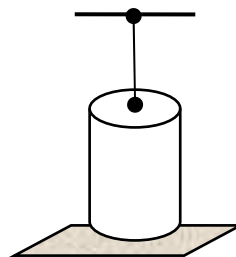
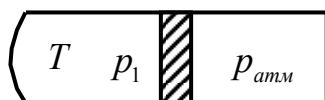
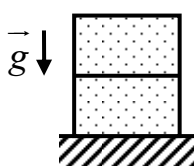


Рис. 54. К задаче 134 Рис. 55. К задаче 135 Рис. 56. К задаче 136

135. В горизонтально расположенной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещён столбик ртути длиной 15 см, который отделяет воздух от атмосферы (рис. 55). Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз. На сколько градусов следует нагреть воздух в трубке, чтобы объём, занимаемый воздухом, стал прежним?

Температура воздуха в лаборатории 300 К, а атмосферное давление составляет 750 мм рт. ст.

136. Разогретый сосуд прикрыли поршнем, который с помощью вертикальной нерастяжимой нити соединили с потолком (рис. 56). На сколько процентов от начальной понизится температура воздуха в сосуде к моменту когда сосуд оторвётся от поверхности, на которой он расположен? Масса сосуда 5 кг. Поршень может скользить по стенкам сосуда без трения. Площадь дна сосуда 125 см². Атмосферное давление 10⁵ Па. Тепловым расширением сосуда и поршня пренебречь.

137. Разность удельных теплоёмкостей $c_p - c_v$ некоторого двухатомного газа равна 260 Дж/(кг·К). Найти молярную массу газа и его удельные теплоёмкости c_p и c_v .

138. Смесь газов состоит из хлора и криптона, взятых при одинаковых условиях. Определить удельную теплоёмкость c_p смеси.

139. Найти показатель адиабаты γ для смеси газов, содержащий гелий массой 10 г и водород массой 4 г.

140. Газ занимавший объём 12 л под давлением 100 кПа, был изобарно нагрет от 300 К до 400 К. Определить работу расширения газа.

141. Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода массой 5 г, взятого при температуре 290 К, если объём газа увеличивается в три раза?

142. Азот массой 2 г, имевший температуру 300 К был адиабатно сжат так, что его объём уменьшился в 10 раз. Определить конечную температуру газа и работу сжатия.

143. Азот нагревался при постоянном давлении, при этом ему было сообщено количество теплоты 21 кДж. Определить работу, которую совершил при этом газ и изменение его внутренней энергии.

144. Водяной пар расширяется при постоянном давлении. Определить работу расширения, если пару передано количество теплоты 4 кДж.

145. Объём 7,5 л кислорода адиабатически сжимается до объёма 1 л, причём в конце сжатия установилось давление 1,6 Мпа. Под каким давлением находился газ до сжатия?

146. Автомобильная шина накачена до давления 220 кПа при температуре 290 К. Во время движения она нагрелась до температуры 330 К и лопнула. Считая процесс, происходящий после повреждения шины, адиабатным, определить изменение температуры вышедшего из него воздуха. Внешнее давление воздуха равно 100 кПа.

147. Два одинаковых теплоизолированных сосуда заполнены воздухом, имеющим одинаковые давления. Температура воздуха в одном из сосудов составляет 57⁰ С, в другом -3⁰ С. Определить равновесную

температуру системы после того, как сосуды соединили тонкой трубкой.

148. В цилиндрическом сосуде с постоянным сечением под поршнем, на пружине с жёсткостью k , находится 1 моль одноатомного идеального газа (рис.). Пружину отпускают. Объём газа при этом увеличивается в два раза от первоначального. Как изменилась температура и давление газа в этом сосуде?

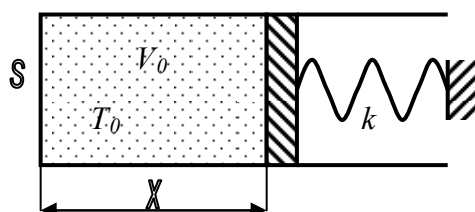


Рис. 57. К задаче 148

149. Если идеальный газ перевести из состояния 1 в состояние 3 сначала изобарно (участок 1 – 2, рис. 58) а затем изохорно (участок 2 – 3), то будет произведена некоторая работа, а переход из состояния 1 в состояние 3 произвести непосредственно по прямой 1 – 3, то работа увеличится в n раз. Найти давление газа p_3 в состоянии 3, если в состоянии 1 $p_1 = 100$ кПа, а $n = 5$.

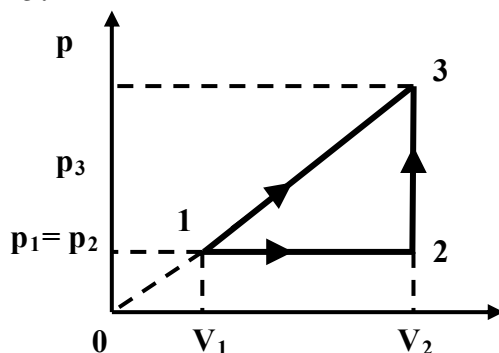


Рис. 58. К задаче 149

150. Идеальный одноатомный газ используется в качестве рабочего тела в тепловом двигателе. В ходе работы двигателя состояние газа изменяется в соответствии с циклом, состоящим из двух адиабат и двух изохор (рис. 59). Вычислите КПД такого двигателя.

151. Десять моль одноатомного идеального газа сначала охладили, уменьшив давление в 3 раза, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К (рис. 60). Какое количество теплоты получил газ на участке 2-3?

152. Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль сначала изотермически расширился при температуре $T_1 = 300$ К (рис. 61). Затем газ

изобарно нагрели, повысив температуру в 3 раза. Какое количество теплоты получил газ на участке 2-3?

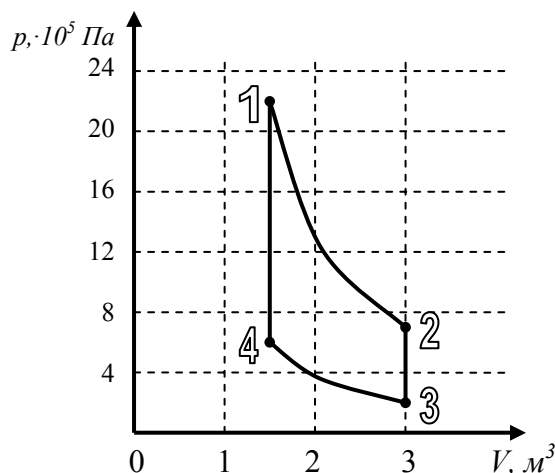


Рис. 59. К задаче 150

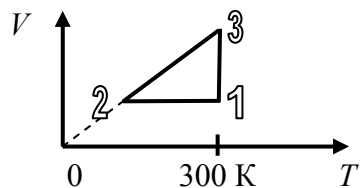


Рис. 60. К задаче 151

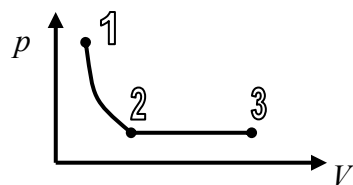


Рис. 61. К задаче 152

153. С одним молем идеального одноатомного газа совершают процесс 1-2-3-4, (рис. 62). Во сколько раз количество теплоты, полученное газом в процессе 1-2-3-4, больше работы газа в этом процессе?

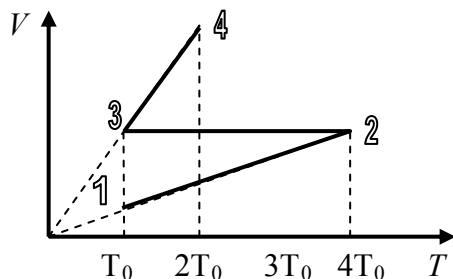


Рис. 62. К задаче 153

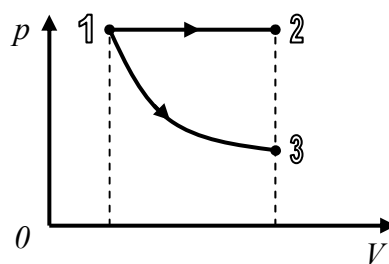


Рис. 63. К задаче 154

154. Некоторое количество одноатомного идеального газа расширяется из одного и того же начального состояния (p_1, V_1) до одного и того же конечного объема V_2 первый раз по изобаре, а второй раз – по адиабате (рис. 63). Отношение количества теплоты Q_{12} , полученное газом на изобаре от нагревателя, к модулю изменения внутренней энергии газа $|U_3 - U_1|$ на адиабате $k = \frac{Q_{12}}{|U_3 - U_1|} = 6$. Чему равно отношение работы газа на изобаре A_{12} к работе газа на адиабате A_{13} ?

155. Идеальный газ совершил цикл Карно. Температура нагревателя в три раза выше температуры охладителя. Нагреватель передал газу количество теплоты 42 кДж. Какую работу совершил газ?

156. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, в качестве рабочего тела использует воздух, который при нормальных условиях (давление $P_1 = 10^5$ Па, температура $T_1 = 273$ К) занимает объем $V_1 = 1$ л,

а после изотермического и адиабатического расширения объемы равны $V_2 = 3$ л и $V_3 = 5$ л. Найти работу A_i , совершаемую газом на каждом участке цикла, полную работу A , совершаемую за весь цикл, и КПД цикла.

157. Найти КПД идеальной паровой машины, цикл работы которой приведен на рис. 64: AB – изохорическое увеличение давления в цилиндре при поступлении пара из котла; BC – изобарическое увеличение объема при движении поршня; CD – адиабатическое увеличение объема при прекращении доступа пара в цилиндр; DE – изохорическое падение давления при открытии клапана и выходе пара в холодильник; EA – изобарическое уменьшение объема при выталкивании пара из цилиндра поршнем. Паровая машина расходует за один цикл $m = 1$ г топлива с удельной теплотой сгорания $q = 15,4$ МДж. Начальный объем $V_0 = 0,2$ л, $V_1 = 1,2$ л, $V_2 = 2,4$ л. Начальное давление равно атмосферному $P_0 = 0,1$ МПа, давление пара в котле $P_1 = 1$ МПа, показатель адиабаты $\gamma = 1,3$.

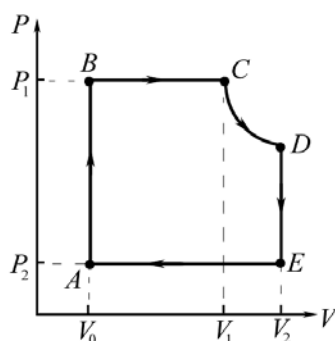


Рис. 64. К задаче 157

158. Идеальный газ совершает цикл Карно, термический КПД которого равен 0,4. Определите работу изотермического сжатия газа, если работа изотермического расширения составляет 400 Дж.

159. Помещение отапливается холодильной машиной, работающей по обратному циклу Карно. Во сколько раз количество теплоты, получаемое помещением от сгорания дров в печке, меньше количества теплоты, переданного помещению холодильной машиной, которая приводится в действие тепловой машиной, потребляющей ту же массу дров? Тепловой двигатель работает между температурами 100°C и 0°C . Температура в помещении должна быть 16°C . Температура окружающего воздуха -10°C .

160. Капля ртути массой 1,36 г введена между параллельными стеклянными пластинками. Какую силу следует приложить для того, чтобы расплющить каплю до толщины 0,1 мм? Считать, что ртуть абсолютно не смачивает стекло.

161. Считая процесс образования мыльного пузыря изотермическим, определите работу, которую надо совершить, чтобы увеличить его

размер с $d_1 = 6$ мм до $d_2 = 60$ мм. Поверхностное натяжение мыльного раствора 40 мН/м.

162. В стеклянном капилляре диаметром 100 мкм вода поднимается на высоту 30 см. Определить поверхностное натяжение воды.

163. Найти изменение энтропии при изобарном расширении азота массой 4 г от объема 5 л до объема 9 л.

164. Водород массой 100 г был изобарно нагрет так, что его объем увеличился в 3 раза, затем его изохорно охладили так, что его давление уменьшилось в 3 раза. Найти изменение энтропии в ходе указанных процессов.

165. Найти внутреннюю энергию углекислого газа массой 132 г при нормальном давлении и температуре 300 К в двух случаях, когда газ рассматривают: 1) как идеальный; 2) как реальный.

166. Найти изменение внутренней энергии хлора при его изотермическом расширении от 200 см^3 до 500 см^3 , масса хлора 20 г.

167. Найти изменение температуры кислорода при его перетекании через пористую перегородку, если $P_1 = 250$ атм, $P_2 = 1$ атм, $T = 273$ К.

168. Азот массой 1 кг находится в сосуде объемом 200 л под давлением 100 кПа. Азот расширяется до объема 540 л, при этом его давление падает в 2,7 раза. Определить изменения его внутренней энергии и энтропии.

169. Изменение энтропии на участке между двумя адиабатами в цикле Карно 4,19 кДж/К. Разность температур между двумя изотермами 100 К. Какое количество теплоты превращается в работу в этом цикле?

170. Азот массой 10,5 г изотермически расширяется от объема 2 л до объема 5 л. Найти изменение энтропии при этом процессе.

171. Кислород массой 10 г нагревается от температуры 50°C до температуры 150°C . Найти изменение энтропии, если нагревание происходит: а) изохорически; б) изотермически.

172. В вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде находится тяжелый закрепленный поршень. Над поршнем вакуум, под ним воздух. Поршень освобождают, и в положении равновесия объем воздуха уменьшается вдвое. Как изменилась температура воздуха?

173. Газовый термометр состоит из стеклянного шара объемом 273 см^3 с припаянной к нему узкой горизонтальной трубкой, в которой находится капля ртути, отделяющая внутренний объем от внешнего пространства (рис. 65). Сечение трубки $0,1 \text{ см}^2$. На какое расстояние переместится капля при нагревании шара до 10°C , если при 0°C расстояние ее от основания трубки 30 см? Расширением объема стекла пренебречь.

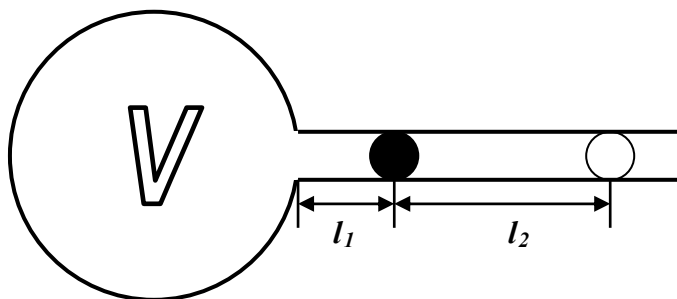


Рис.65. К задаче 173

174. Свинцовая пуля, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в стальную плиту и отскакивает от неё со скоростью 300 м/с. Какая часть пули расплавится, если её температура в момент удара была равна 107°C и на нагревание пули пошло 80% работы, совершаемой при ударе.

175. Определить высоту, на которую поднимается вода, полностью смачивающая капилляр радиусом 0,4 мм.

176. Медная проволока сечением 10 мм^2 под действием растягивающей силы 400 Н удлинилась на столько, на сколько она удлинится при нагревании на 20 К. Определите модуль Юнга для меди, если для неё коэффициент линейного теплового расширения $1,7 \cdot 10^{-5}\text{ К}^{-1}$.

177. На проволоке длиной 0,7 м подвешен груз массой 20 кг. При подвешивании к этой проволоке груза массой 50 кг её длина оказалась 1 м. Определить длину проволоки без груза.

178. Кольцо подвешено на пружине с коэффициентом упругости 10^{-4} кгс/мм и соприкасается с поверхностью жидкости. При опускании поверхности жидкости кольцо отрывается от неё при растяжении пружины на 5,3 мм. Найти коэффициент поверхностного натяжения жидкости если известно, что кольцо имеет внутренний диаметр 25 мм и внешний 26 мм.

179. В стеклянный сосуд налита ртуть. В дне сосуда создают плоское отверстие диаметром 0,5 мм. Какая масса ртути останется в сосуде?

180. В одно из двух колен сообщающихся сосудов опускают поршень массой 100 г. Найти, на сколько изменились уровни воды по отношению к начальному. Сечение сосуда 10 см^2 .

2.2.2. Электричество и магнетизм. Колебания и волны

181. Два одинаковых проводящих заряженных шара находятся на расстоянии 60 см друг от друга. Сила отталкивания шаров равна 70 мкН. После того как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной 160 мкН. Вычислить заряды q_1 и q_2 , которые были на шарах до их соприкосновения. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.

182. Два одинаковых проводящих заряженных шара находятся на расстоянии 30 см. Сила притяжения шаров равна 90 мкН. После того как шары привели в соприкосновение и удалили на прежнее расстояние, они стали отталкиваться с силой 160 мкН. Определить заряды шаров до их соприкосновения. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.

183. Два шарика одинаковых радиусов и массы подвешены на нитях так, что их поверхности соприкасаются. После сообщения шарикам заряда $q_0 = 4 \cdot 10^{-7}$ Кл они оттолкнулись друг от друга и разошлись на угол 60° . Найти массу шариков, если расстояние от точки подвеса до центра шарика равно 20 см.

184. Три одинаковых положительных заряда $q = 10^{-9}$ Кл каждый расположены по вершинам равностороннего треугольника. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центре треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравновесила силы взаимного отталкивания зарядов, находящихся в вершинах?

185. Два шарика одинаковых радиусов и массы подвешены на нитях одинаковой длины $l = 20$ см так, что их поверхности соприкасаются. После сообщения шарикам заряда q шарики разошлись на угол $2\alpha_1 = 60^\circ$. Найти плотность ρ материала шариков, если при их погружении в керосин угол расхождения стал равным $2\alpha_2 = 54^\circ$.

186. В центре квадрата, в каждой вершине которого находится заряд $q = 2,33$ нКл, помещён отрицательный заряд q_0 . Найти этот заряд, если на каждый заряд q действует результирующая сила $F = 0$.

187. В вершинах квадрата расположены четыре одинаковых положительных заряда 10^{-7} Кл. Где и какой заряд необходимо расположить, чтобы система находилась в равновесии в воздухе?

188. На шёлковых нитях, образующих угол 60° , подвешен заряженный шарик массой 1 г (рис. 66). Снизу к нему подносят другой шарик с таким же зарядом, в результате чего натяжение нитей уменьшилось в 2 раза. Расстояние между центрами шариков $r = 0,01$ м. Определить заряд каждого шарика и натяжение нити.

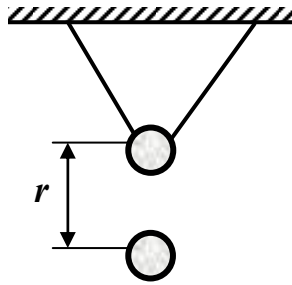


Рис. 66. К задаче 188

189. Сторона равностороннего треугольника r . В двух его вершинах расположены два заряда: положительный $+q$ и отрицательный $-q$ (рис. 67). Определить напряжённость поля этих зарядов в третьей вершине.

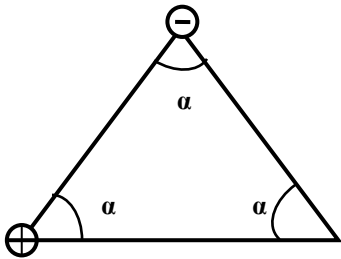


Рис. 67. К задаче 189

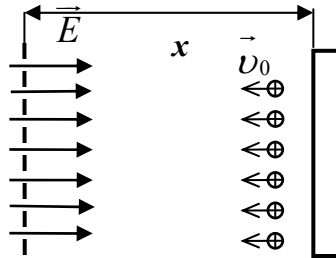


Рис. 68. К задаче 190

190. Из экспериментальной установки выбрасываются протоны, летящие прямолинейно со скоростью $0,5 \text{ Мм/с}$ (рис. 68). Какой должна быть напряжённость однородного электрического поля, чтобы частицы останавливались на расстоянии, не превышающем $x = 0,5 \text{ м}$?

191. Тонкая нить длиной 20 см равномерно заряжена с линейной плотностью 10 нКл/м . На расстоянии 10 см от нити, против её середины, находится точечный заряд 1 нКл . Вычислить силу, действующую на этот заряд со стороны заряженной нити.

192. Полусфера несет заряд, равномерно распределенный с поверхностной плотностью $\sigma = 1 \text{ нКл/м}^2$. Найти силу, действующую на заряд $q_0 = 1 \text{ нКл}$, помещенный в геометрический центр полусферы.

193. Тонкий стержень длиной $l = 30 \text{ см}$ (рис. 69) несет равномерно распределенный по длине заряд с линейной плотностью $\tau = 1 \text{ мкКл/м}$. На расстоянии $z_0 = 20 \text{ см}$ от стержня находится заряд $q_1 = 10 \text{ нКл}$. Заряд равноудален от концов стержня. Определить силу взаимодействия точечного заряда с заряженным стержнем.

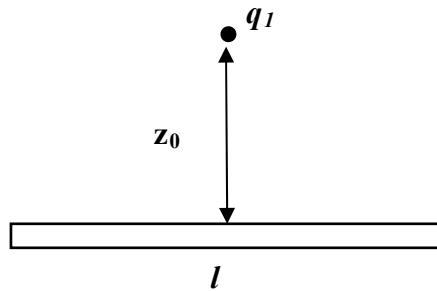


Рис. 69. К задаче 193

194. Тонкая прямая нить длиной l заряжена равномерно зарядом q . Найти силу взаимодействия нити с точечным зарядом q_0 , находящимся на продолжении нити и на расстоянии l от одного из ее концов. Вычисления провести для $l = 20$ см, $q = q_0 = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл.

195. Тонкое полукольцо радиусом R равномерно заряжено с линейной плотностью τ . Определить силу взаимодействия полукольца с точечным зарядом q_0 , находящимся в центре кривизны.

196. Тонкий однородный диск радиусом R заряжен равномерно с поверхностной плотностью σ . Заряды неподвижны. Определить силу взаимодействия диска с точечным зарядом q_0 , находящимся на оси диска на расстоянии z .

197. В воде на расстоянии 8 см друг от друга находятся два равных отрицательных заряда по 9 нКл. Определить напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на расстоянии 5 см от зарядов.

198. По тонкому проволочному кольцу равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 100$ пКл/м. Определить потенциал электрического поля в центре кольца.

199. Точечный диполь с электрическим моментом p находится на расстоянии h от бесконечной проводящей плоскости. Найти модуль вектора силы, действующей на диполь, если вектор p перпендикулярен плоскости.

200. Точечный сторонний заряд q находится в центре шара из однородного диэлектрика с проницаемостью ϵ . Найти поляризованность P как функцию радиус-вектора r относительно центра шара, а также связанный заряд q' внутри сферы, радиус которой меньше радиуса шара.

201. На расстоянии 1,5 см от проводящей плоскости находится точечный заряд $q = 100$ мкКл. Какую работу надо совершить против электрических сил, чтобы медленно удалить этот заряд на очень большое расстояние от плоскости?

202. Внутри шара радиусом R с зарядом Q находится заземлённый шар радиусом r . Определить заряд на заземлённом шаре. Центры шаров совпадают.

203. Три концентрические сферы имеют радиусы $R_1 < R_2 < R_3$. Сферы с радиусами R_1 и R_3 несут заряды $+Q$ и $-Q$ соответственно. Сфера с радиусом R_2 заземлена. Найти зависимости $E(r)$ и $\varphi(r)$ и изобразить их графически.

204. Точечный заряд $q = 3,4$ нКл находится на расстоянии $r = 2,5$ см от центра O незаряженного сферического слоя проводника, радиусы которого $R_1 = 5$ см и $R_2 = 8$ см. Найти потенциал в точке O .

205. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими одинаковый равномерно распределённый по площади заряд $\sigma = 1$ нКл/м². Определить напряжённость поля: между пластинами; вне пластин. Построить график изменения напряжённости вдоль линии, перпендикулярной пластинам.

206. Заряд 1 мкКл равноудалён от краёв круглой площадки на расстоянии 20 см. Радиус площадки равен 12 см. Определить среднее значение напряжённости в пределах площадки.

207. Электрическое поле создано заряженной равномерно, бесконечной плоскостью с поверхностной плотностью $\sigma = 5$ нКл/м². Определить числовое значение и направление градиента потенциала этого поля.

208. Определите линейную плотность бесконечно длинной, заряженной нити, если работа сил по перемещению заряда 1 нКл от расстояния 5 см, до расстояния 2 см в направлении, перпендикулярном нити, равна 50 мкДж.

209. Какой минимальной скоростью должен обладать протон, чтобы он смог достигнуть поверхности положительно заряженного металлического шара, имеющего потенциал 400 В. Начальное расстояние протона от поверхности шара $r = 3 \cdot R$, где R – радиус шара.

210. Электрическое поле создано бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда 2 мкКл/м². В этом поле вдоль прямой, составляющей угол 60° с плоскостью, из точки 1 в точку 2, расстояние между которыми 20 см (рис. 70), перемещается точечный электрический заряд 10 нКл. Определить работу сил поля по перемещению заряда.

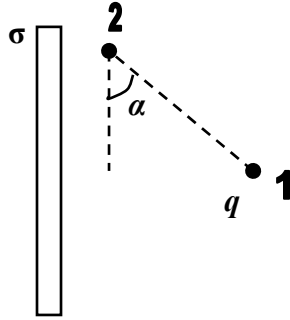


Рис. 70. К задаче 210

211. Точка N отстоит от точечного заряда источника на вдвое большем расстоянии, чем точка M (рис. 71). При перемещении заряда из точки M в точку N электрическое поле совершило работу 9 Дж. Какую работу оно совершит, перемещая этот заряд из точки M в точку на середине отрезка MN ?

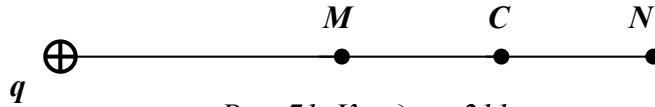


Рис. 71. К задаче 211

212. Электрическое поле образовано бесконечно длинной заряженной нитью, линейная плотность заряда которой 20 пКл/м. Определить разность потенциалов двух точек поля, отстоящих от нити на расстоянии 8 см и 12 см.

213. Четыре шарика, имеющие одинаковые заряды расположены вдоль одной прямой так, что расстояние между соседними шариками равно a . Какую работу A нужно совершить, чтобы разместить эти шарики: а) в вершинах квадрата со стороной a ; б) в вершинах тетраэдра с ребром a ?

214. Энергия каждого из двух заряженных проводников W_1 и W_2 , их ёмкости одинаковы. Какое количество теплоты выделится при соединении этих проводников?

215. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами R и $2R$ равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями σ_1 и σ_2 . Требуется:

1) Используя теорему Остроградского-Гаусса: найти зависимость $E(r)$ напряженности электрического поля от расстояния для трех областей I , II , III . Принять $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = -\sigma$,

2) Напряженность E в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние r , и указать направление вектора E , принять $\sigma = 30 \text{ нКл/м}^2$, $r = 4R$;

3) Построить график $E(r)$.

216. Найти потоки однородного электрического поля напряжённости $E = 500$ В/м через замкнутую поверхность прямой равнобедренной трёхгранной призмы, высота которой $h = 1$ м. Передняя грань призмы перпендикулярна вектору напряжённости, нижняя грань параллельна вектору напряжённости (рис. 72).

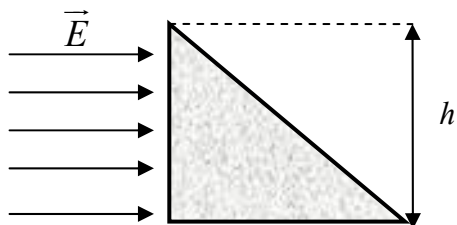


Рис. 72. К задаче 216

217. Полуокружность радиусом 2 м равномерно заряжена зарядом 1 нКл. Определить напряжённость электрического поля, созданного этим зарядом в геометрическом центре полуокружности.

218. Тонкий стержень, расположенный в воздухе, имеет длину 0,5 м, заряжен с линейной плотностью заряда 10^{-6} Кл/м. На расстоянии 0,5 м от стержня расположен точечный заряд 10^{-9} Кл, расположенный симметрично относительно концов стержня. Определить силу взаимодействия заряда со стержнем.

219. Два конденсатора, емкости которых C_1 и C_2 , соединены последовательно и присоединены к источнику тока (рис. 73). Определить падение напряжения на каждом из конденсаторов.

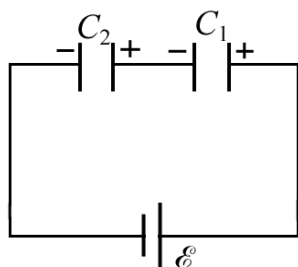


Рис. 73. К задаче 219

220. Конденсаторы $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $C_3 = 3$ мкФ включены в цепь с напряжением $U = 1,1$ кВ. Определить энергию каждого конденсатора в случае последовательного и параллельного включения их.

221. Во сколько раз энергия заряда Q , распределенного равномерно по поверхности шара с радиусом R , больше (или меньше) энергии этого заряда равномерно распределенного по объёму шара того же радиуса?

222. Пространство между электродами сферического конденсатора с радиусами R_1 и R_2 заполнено средой с удельным сопротивлением ρ . Какое количество тепла будет выделяться в единицу времени, если ме-

жду электродами конденсатора поддерживается постоянная разность потенциалов U (рис. 74)?

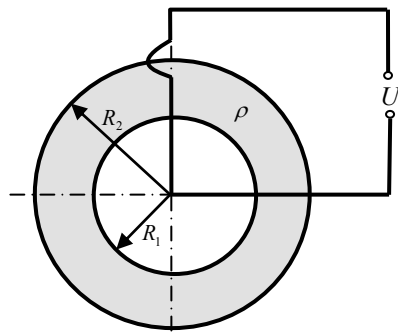


Рис. 74. К задаче 222

223. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 100 В. Площадь каждой пластины 200 см^2 , расстояние между пластинами 0,5 мм. Определить диэлектрическую проницаемость диэлектрика заполняющего пространство между пластинами конденсатора, если известно, что сила притяжения пластин друг к другу 7,08 мН.

224. Определить энергию электрического поля в слое диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$, окружающего заряженный шар имеющий заряд $q = 20 \text{ нКл}$. Толщина слоя диэлектрика 2 см (рис. 75), радиус шара 3 см.

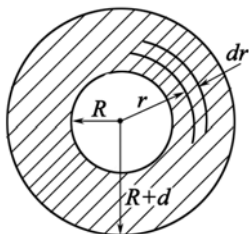


Рис. 75. К задаче 224

225. В цилиндрический конденсатор вводят цилиндрический слой однородного диэлектрика с проницаемостью ϵ , заполняющий пространство между его обкладками. Средний радиус обкладок R , зазор между ними d , причем $d \ll R$. Конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения U . Найти силу, втягивающую диэлектрик в конденсатор.

226. Конденсаторы $C_1 = 10 \text{ мкФ}$ и $C_2 = 20 \text{ мкФ}$ соединены последовательно. Параллельно получившейся цепочке подключают последовательно соединённые резисторы $R = 100 \text{ кОм}$. Точки соединения конденсатора и резисторов замыкают проводником 1 – 2 (рис. 76). Всю цепь подключают к батарее $\epsilon = 10 \text{ В}$, конденсаторы практически мгновенно-

но заряжаются. Какой заряд протечёт по проводнику 1 – 2 за достаточно большое время после замыкания? Элементы цепи считать идеальными.

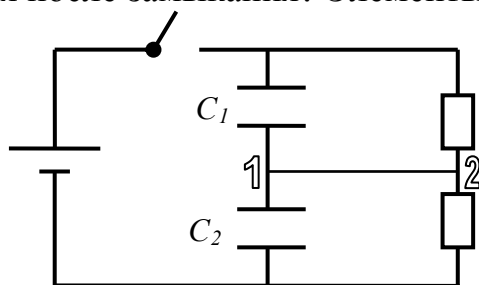


Рис. 76. К задаче 226

227. Металлический шар установлен на тонком проводящем стержне, соединяющем его с Землёй. Шар окружён незаряженной металлической сферой, радиусом 10 см, изолированной от Земли, центр сферы совпадает с центром шара. При передаче электрического заряда $2 \cdot 10^{-9}$ Кл между шаром и сферой возникла разность потенциалов 90 В. Определите радиус шара.

228. Как изменятся ёмкость и энергия плоского воздушного конденсатора, если параллельно его обкладкам ввести металлическую пластину толщиной 1 мм. Площадь обкладки конденсатора и пластины 150 см^2 , расстояние между обкладками 6 мм. Конденсатор заряжен до 400 В и отключен от батареи.

229. Найти массу электронов, проходящих через поперечное сечение провода площадью сечения 1 мм^2 за 1 ч при плотности тока 1 А/мм^2 .

230. Сколько витков нихромовой проволоки диаметром 1 мм надо намотать на фарфоровый цилиндр радиусом 2,5 см, чтобы получить печь сопротивлением 40 Ом.

231. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону: $I = 4 + 2 \cdot t$ (I в амперах; t в секундах). Какое количество электричества q проходит через поперечное сечение проводника за время от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 6$ с? При каком постоянном токе I_0 через поперечное сечение проводника за то же время проходит такое же количество электричества?

232. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону: $I = I_m \cdot \sin \omega t$. Определите величину заряда q , переносимого через поперечное сечение проводника за половину периода T , если максимальная сила тока $I_m = 10 \text{ А}$, циклическая частота $\omega = 50\pi \text{ с}^{-1}$.

233. Вольфрамовая нить электрической лампочки при 20° С имеет сопротивление 35,8 Ом. Какова будет температура нити лампочки, если при включении в сеть напряжением 220 В по нити идёт ток 0,33 А?

234. Известно, что ток, проходящий через электрическую лампу в момент включения, в двенадцать раз превышает рабочий ток. Температура лампы до включения 25 градусов Цельсия. Температурный коэффициент сопротивления вольфрама $5,1 \times 10^{-3} \text{град}^{-1}$. Необходимо определить температуру вольфрамовой нити накаливания электрической лампы в рабочем состоянии.

235. Электроны, обладающие на бесконечности скоростью v , падают на металлический шар радиуса R . На сколько градусов повысится температура шара через достаточно большое время, если его теплоёмкость равна C ?

236. Два равномерно заряженных зарядом $+Q$ шара радиуса R каждый находятся на расстоянии l друг от друга. Какую минимальную скорость v_0 , направленную вдоль АВ (рис. 77), необходимо сообщить электрону, находящемуся в точке А, чтобы он мог достичь второго шара?

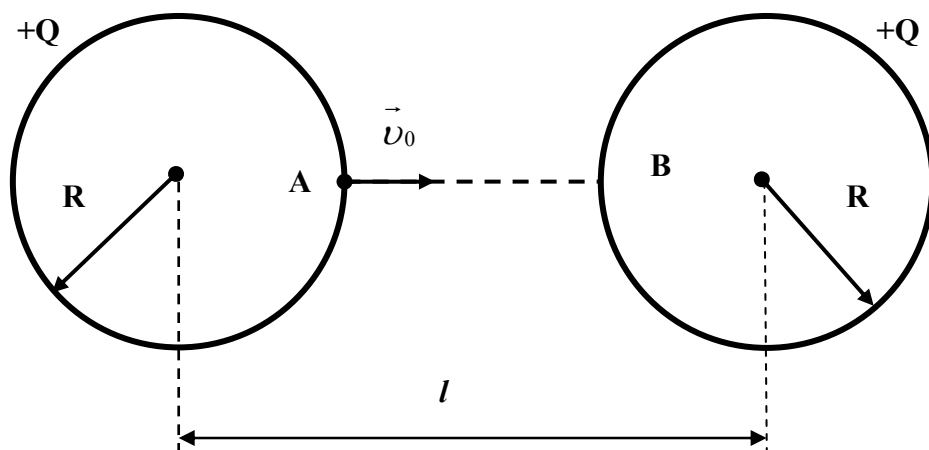


Рис.77. К задаче 236

237. Частица массой 10^{-12} кг и зарядом $-2 \cdot 10^{-11}$ Кл влетает в однородное электрическое поле напряжённостью 40 В/м под углом 120° к его силовым линиям со скоростью 220 м/с. Через какой промежуток времени частица сместится вдоль силовой линии на расстояние 3 м?

238. От батареи, э.д.с. которой $\varepsilon = 600$ 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 см.

239. Электрическое поле образовано двумя неподвижными, вертикально расположенными, параллельными, разноимённо заряженными непроводящими пластинами. Пластины расположены на расстоянии 5 см друг от друга. Напряжённость поля между пластинами 10^4 В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещён шарик с зарядом 10^{-5} Кл и массой 10 г. После того как шарик отпустили, он начи-

нает падать. Какую скорость будет иметь шарик, когда коснётся одной из пластин?

240. При подключении к источнику постоянного тока резистора сопротивлением $R_1 = 2$ Ом в цепи идёт ток 1,6 А. Если к источнику подключить резистор сопротивлением $R_2 = 1$ Ом, то по цепи пойдёт ток 2 А. Какое количество теплоты выделяется за 1 с внутри источника тока при подключении резистора R_2 ?

241. Источник постоянного напряжения с ЭДС 100 В подключён через резистор к конденсатору переменной ёмкости (рис. 78), расстояние между пластинами которого можно изменять. Медленно раздвинув пластины, ёмкость конденсатора изменили на 0,01 мкФ. Какая работа была совершена против сил притяжения пластин, если с момента начала движения пластин до полного затухания возникших при этом переходных процессов в электрической цепи выделилось количество теплоты 10 мкДж?

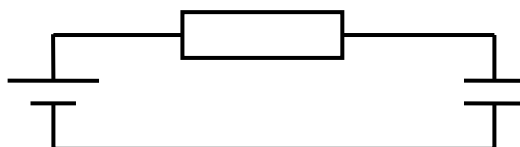


Рис.78 . К задаче 241

242. Батарея состоит из 5 последовательно соединённых источников с ЭДС 1,4 В и внутренним сопротивлением 0,3 Ом каждого. Чему равна наибольшая мощность, которую можно получить от батареи?

243. По однородному цилиндрическому алюминиевому проводнику сечением $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ пропустили ток 10 А. Определить изменение его температуры за 15 с. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь.

244. До замыкания ключа К (рис. 79) идеальный вольтметр V показывал напряжение 9 В. После замыкания ключа идеальный амперметр A показывает силу тока 0,4 А. Каково внутреннее сопротивление батареи? Сопротивления резисторов указаны на рис. 79.

245. Электрическая цепь состоит из источника тока с конечным внутренним сопротивлением и реостата. ЭДС источника 6 В. Сопротивление реостата можно менять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Чему равна максимальная мощность тока, выделяемая на реостате, если она достигается при сопротивлении реостата 2 Ом?

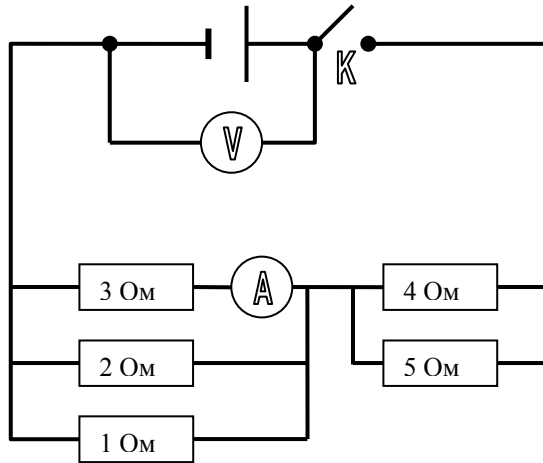


Рис. 79. К задаче 244

246. Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2 (рис. 80). Сопротивление резистора равно R , сопротивление амперметра $R/100$, сопротивление вольтметра $9 \cdot R$. Каковы показания амперметра в первой схеме, если во второй схеме они равны I_2 ?

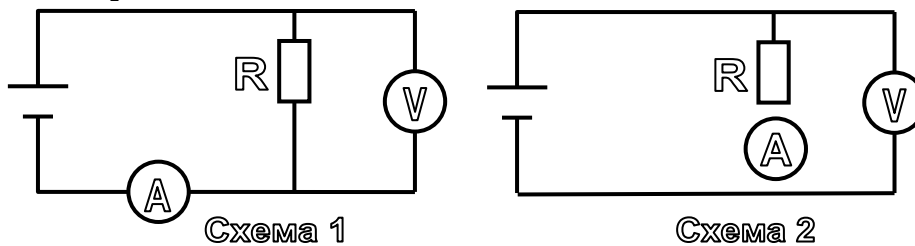


Рис. 80. К задаче 246

247. Объем 4,5 л воды можно вскипятить, затратив электрическую энергию 0,5 кВт·ч. Начальная температура воды 23°C . Найти к.п.д. нагревателя.

248. Электроплитка содержит три нагревательных спирали сопротивлением $R = 120$ Ом каждая, соединённые параллельно друг с другом. Плитку включают в сеть последовательно с сопротивлением $r = 50$ Ом. Как изменится время, необходимое для нагревания на этой плитке чайника с водой до кипения, при перегорании одной из спиралей?

249. Определите ток короткого замыкания $I_{\text{кз}}$ для источника, который при токе в цепи 10 А имеет полезную мощность 500 Вт, а при токе 5 А – мощность 375 Вт.

250. Э.д.с. батареи 100 В, её внутреннее сопротивление 2 Ом, сопротивление $R_1 = 25$ Ом и $R_3 = 78$ Ом. На сопротивлении R_1 выделяется мощность 16 Вт (рис. 81). Какой ток показывает амперметр?

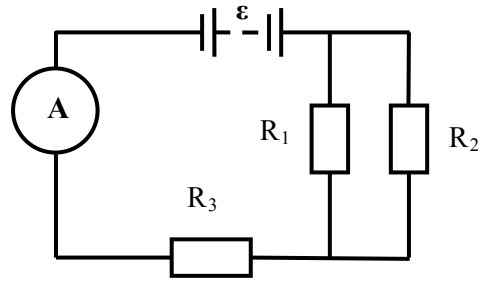


Рис. 81. К задаче 250

251. Элемент замыкают сначала на внешнее сопротивление $R_1 = 2$ Ом, а затем на внешнее сопротивление $R_2 = 0,5$ Ом. Найти э.д.с. элемента и его внутреннее сопротивление, если известно, что в каждом из этих случаев мощность, выделяющаяся во внешней цепи, одинакова и равна 2,54 Вт.

252. Два источника с одинаковыми ЭДС 120 В и внутренними сопротивлениями $r_1 = 0,5$ Ом и $r_2 = 0,6$ Ом соединены параллельно одинаковыми полюсами и замкнуты на сопротивление $R = 10$ Ом. Найти мощность, развиваемую каждым источником, и мощность, выделяющуюся на внешнем сопротивлении.

253. Если к амперметру, рассчитанному на максимальную силу тока 2 А, присоединить шунт сопротивлением $R_{ш} = 0,5$ Ом, то цена деления шкалы амперметра возрастает в 10 раз. Определить, какое добавочное сопротивление необходимо присоединить к тому же амперметру, чтобы его можно было использовать как вольтметр, рассчитанный на измерение напряжений до 220 В?

254. На рис. 82: $\varepsilon = 2$ В, $R_1 = 60$ Ом, $R_2 = 40$ Ом, $R_3 = R_4 = 20$ Ом, и $R_G = 100$ Ом. Определить силу тока через гальванометр.

255. Требуется передать электрическую энергию на расстояние 2000 км по медным проводам, причём потеря энергии в проводах не должна превышать 3%. Передаваемая мощность 2 МВт при напряжении 1000 кВ. Определить сечение проводов.

256. От батареи с ЭДС 500 В требуется передать энергию на расстояние 2,5 км. Потребляемая мощность 10 кВт. Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных проводящих проводов 1,5 см.

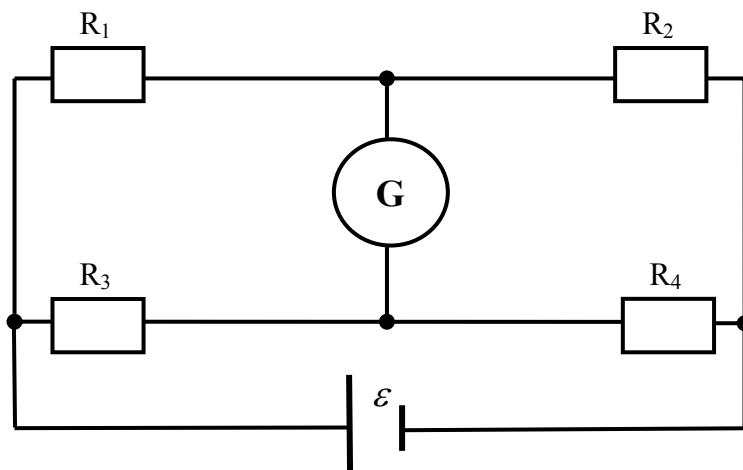


Рис. К задаче 254

257. В Изображенной схеме цепи (рис. 83) определить заряд конденсатора с ёмкостью C .

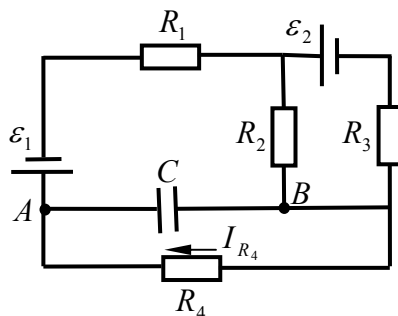


Рис 83. К задаче 257

258. За какое время при электролизе медного купороса масса медной пластинки (катода) увеличится на 99 г? Площадь пластинки 25 см^2 , плотность тока 200 А/м^2 . Найти толщину слоя меди, образовавшегося на пластинке.

259. Сколько электроэнергии нужно затратить для получения из воды 2,5 л водорода при температуре 298 К и давлении 10^5 Па , если электролиз ведётся при напряжении 5 В, а КПД установки равен 75% (электрохимический эквивалент водорода $k = 10^{-8} \text{ кг/Кл}$)?

260. По медному проводнику течёт ток 80 мА. Найти среднюю скорость упорядоченного движения электронов вдоль проводника, предполагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон. Сечение проводника $0,8 \text{ мм}^2$

261. Во сколько раз изменится термоэлектронная эмиссия вольфрама, находящегося при температуре 2400 К, если повысить температуру вольфрама на 100 К?

262. Площадь каждого электрода ионизационной камеры $0,01 \text{ м}^2$, расстояние между ними $6,2 \text{ см}$. Найти ток насыщения I_n в такой камере, если в единице объёма в единицу времени образуется число однозарядных ионов каждого знака $N = 10^{15} \text{ м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$.

263. Найти число пар ионов, создаваемых за 1 с внешним ионизатором. Если известно, что ток насыщения при несамостоятельном разряде $6,4 \text{ пА}$

264. Собственный полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $0,48 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Определить концентрацию дырок, если подвижности электронов $\mu_n = 0,36 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ и дырок $\mu_p = 0,16 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$

265. На электроды электрической ванны с раствором медного купороса подается синусоидальное пульсирующее напряжение с периодом 10 мин . За это время на электроде выделяется $2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$ меди. Определите амплитуду тока.

266. Через водный раствор соляной кислоты пропускают электрический ток силой 1 А в течение 50 с . Какой объем газа образуется на электродах, если процесс протекает в нормальных условиях?

267. При какой температуре атомы ртути имеют кинетическую энергию поступательного движения, достаточную для ионизации? Потенциал ионизации атома ртути $10,4 \text{ В}$.

268. Определить концентрацию дырок в полупроводнике германия при такой температуре, когда его удельное сопротивление равно $0,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ если подвижности электронов и дырок соответственно равны $0,40$ и $0,20 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$.

269. Какова концентрация одновалентных ионов в воздухе, если при напряженности поля 30 В/м плотность тока $j = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ А/м}^2$? Подвижности ионов $b_+ = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, $b_- = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$

270. При каких значениях сопротивления резистора R_1 идеальный диод в схеме (рис. 84), будет открыт, если $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$? Чему будет равен ток через диод при $R_1 = 1 \text{ Ом}$, если ЭДС батареи 10 В , а её внутренним сопротивлением можно пренебречь?

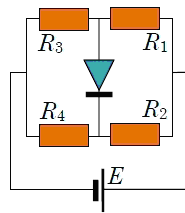


Рис. 84. К задаче 270

271. Электромотор постоянного тока подключили к напряжению U . Сопротивление обмотки якоря равно R . При каком значении тока через обмотку полезная мощность мотора будет максимальной? Чему она равна? Каков при этом к. п. д. мотора?

272. Катушка радиусом 25 см, содержащая 500 м медного провода, вращается с угловой скоростью 300 рад/с вокруг своей оси. Через скользящие контакты катушка подключена к баллистическому гальванометру. Общее сопротивление всей цепи 21 Ом. Найти удельный заряд носителей тока в меди, если при резком затормаживании катушки через гальванометр проходил заряд 10 нКл.

273. Определить магнитную индукцию B поля, создаваемого отрезком бесконечно длинного провода, в точке, равноудалённой от концов отрезка и находящейся на расстоянии 4 см от его середины. Длина отрезка 20 см, сила тока в проводе 10 А.

274. Определить индукцию магнитного поля в центре проволочной квадратной рамки со стороной 15 см в которой течёт ток 5 А.

275. Тонкое кольцо радиусом 8 см несёт заряд, равномерно распределённый с линейной плотностью $\tau = 10$ нКл/м. Масса кольца 10 г. Кольцо равномерно вращается с частотой 15 с^{-1} относительно оси, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через её центр. Определить: 1) магнитный момент p_m кругового тока, создаваемого кольцом; 2) отношение магнитного момента к моменту импульса кольца.

276. Найти напряжённость магнитного поля в центре кругового проволочного витка радиусом 1 см, по которому течёт ток 1 А.

277. Найти индукцию магнитного поля в центре соленоида имеющего 200 витков. Длина соленоида 20 см, радиус 5 см, ток в соленоиде 5 А.

278. Найти магнитную индукцию на оси кругового витка с током 100 А на удалении 2 м от плоскости витка. Радиус витка 4 м.

279. Во сколько раз уменьшится индукция магнитного поля в центре кольца с током, если его согнуть по диаметру под углом 45° . Сила тока, при этом, не меняется.

280. Бесконечный проводник по которому течёт ток $I = 100$ А, согнут под прямым углом (рис. 85). Определить величину магнитной индукции в точках А и В, расположенных на биссектрисе прямого угла и отстоящих от его вершины на $d = 0,1$ м.

281. По бесконечно длинному проводнику, изогнутому под углом 120° , течёт постоянный ток $I = 100$ А. Найти магнитную индукцию в точке А, удалённой от места сгиба на расстояние $d = 5$ см (рис. 86).

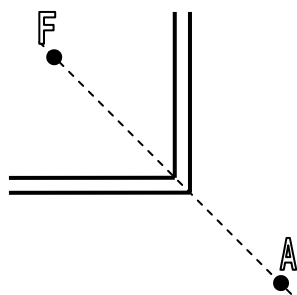


Рис.85 . К задаче 280

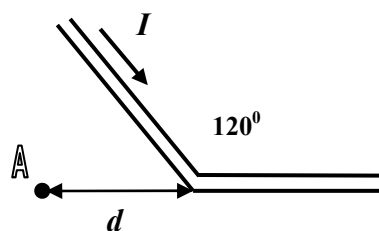


Рис. 86. К задаче 281

282. По тонкому проволочному кольцу течёт электрический ток. Не изменяя силы тока в проводнике, его превратили в квадрат. Во сколько раз изменится величина магнитной индукции в центре контура?

283. По прямому горизонтальному проводнику пропускают ток $I_1 = 10$ А. Под ним на расстоянии 1,5 см находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток $I_2 = 1,5$ А. Определить площадь поперечного сечения алюминиевого провода, при котором он будет удерживаться незакреплённым.

284. Согласно теории Бора, электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите радиусом 52,8 пм. Определить магнитную индукцию поля, создаваемого электроном в центре круговой орбиты.

285. Электрон, влетев в однородное магнитное поле с магнитной индукцией 2 мТл, движется по круговой орбите радиусом 15 см. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока.

286. По двум бесконечно длинным параллельным проводникам, расстояние между которыми $d = 15$ см, текут токи $I_1 = 70$ А и $I_2 = 50$ А в противоположных направлениях. Определить магнитную индукцию в точке А, удалённой на $r_1 = 20$ см от первого и на $r_2 = 30$ см от второго проводника (рис. 87).

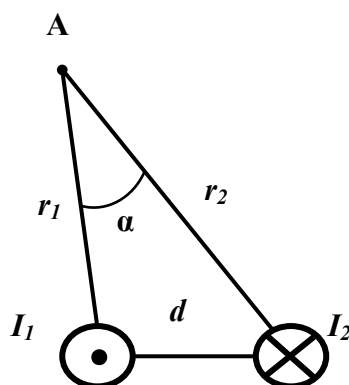


Рис. 87. К задаче 286

287. Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (рис. 88). По стержню протекает ток I . Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Отношение массы стержня к его длине $0,1 \text{ кг/м}$. Модуль индукции магнитного поля $0,2 \text{ Тл}$. Ускорение стержня $1,9 \text{ м/с}^2$. Чему равна сила тока в стержне?

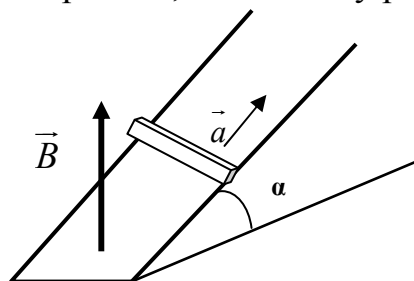


Рис. 88. К задаче 287

288. По двум параллельным проводникам текут в противоположных направлениях токи 6 А и 3 А . Расстояние между проводниками уменьшили в три раза. Какую работу приходющуюся на единицу длины проводов при этом совершили?

289. По двум параллельным прямым проводникам длиной 2 м каждый, находящимися в вакууме на расстоянии $d = 10 \text{ см}$ друг от друга, в противоположных направлениях текут токи $I_1 = 50 \text{ А}$ и $I_2 = 100 \text{ А}$ (рис. 89). Определить силу взаимодействия токов.

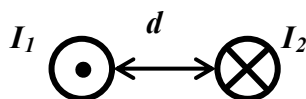


Рис. 89. К задаче 289

290. Найти величину индукции магнитного поля в центре петли радиусом $R = 10 \text{ см}$, образованного бесконечно длинным тонким проводником с током (рис. 90).

291. Найти величину индукции магнитного поля в точке O , если бесконечно длинный тонкий проводник с током $I = 20 \text{ А}$ изогнут так, как показано на рис. 91. Радиус изгиба закруглённой части $R = 50 \text{ см}$.

292. Квадратная рамка из тонкого провода массой 100 г может без трения вращаться вокруг вертикальной оси OO' проходящей через центр перпендикулярно двум противоположным сторонам рамки (рис. 92). Рамка помещена в однородное магнитное поле с индукцией $0,1 \text{ Тл}$, перпендикулярное плоскости чертежа. В рамке идёт ток 2 А . Определить

циклическую частоту малых колебаний рамки около положения равновесия.

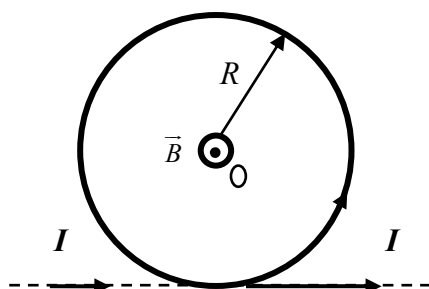


Рис. 90. К задаче 290

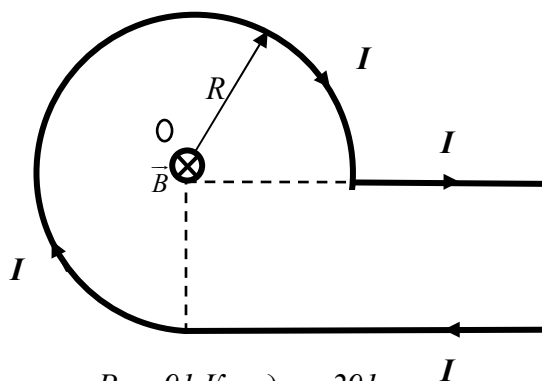


Рис. 91 К задаче 291

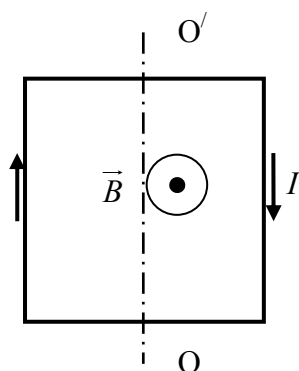


Рис. 92. К задаче 292

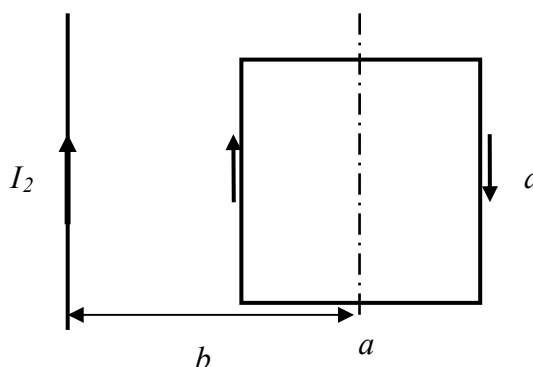


Рис. 93. К задаче 293

293. Квадратная рамка с током $I_1 = 2$ А расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом, по которому течёт ток $I_2 = 30$ А. Проходящая через середины противоположных сторон ось рамки параллельна проводу и отстоит от него на расстоянии $b = 3$ см (рис. 93). Сторона рамки $a = 2$ см. Найти работу, которую надо совершить, чтобы повернуть рамку вокруг её оси на 180° .

294. Катушка, по виткам которой течёт ток I , стоит вертикально на горизонтальной плоскости. Масса катушки m , число витков n . При какой индукции магнитного поля, направленного горизонтально, катушка опрокинется?

295. Кольцо радиуса R , по которому циркулирует ток I , поместили в однородное магнитное поле с индукцией B , перпендикулярное плоскости кольца. С какой силой растянуто кольцо? Действием на кольцо магнитного поля, создаваемого током кольца, пренебречь.

296. В однородном магнитном поле, индукция которого равна $1,4 \cdot 10^{-2}$ Тл и направлена под углом 30° к вертикали, по вертикальным проводам без трения вверх движется прямой проводник массой 10 г, по

которому течёт ток 3 А. Через 5 с после начала движения проводник имеет скорость 20 м/с. Определить длину проводника.

297. Небольшой шарик массой 10 г и зарядом 10^{-6} Кл вращается в горизонтальной плоскости на невесомой диэлектрической нити длиной 50 см. В пространстве создано однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл, силовые линии которого направлены вдоль силы тяжести вниз (рис. 94). При движении нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Найти период обращения шарика.

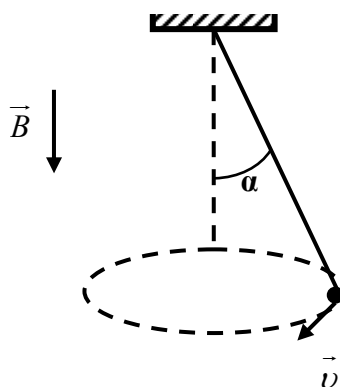


Рис. 94. К задаче 297

298. В магнитном поле, индукция которого 0,1 Тл, помещена квадратная рамка из медной проволоки. Площадь поперечного сечения проволоки 1 мм^2 , площадь рамки 25 см^2 . Нормаль к плоскости рамки параллельна магнитному полю. Какое количество электричества пройдёт по контуру рамки при исчезновении магнитного поля?

299. В магнитном поле, индукция которого 0,05 Тл, помещена катушка, состоящая из 200 витков проволоки. Сопротивление катушки 40 Ом; площадь поперечного сечения 12 см^2 . Катушка помещена так, что её ось составляет угол 60° с направлением магнитного поля. Какое количество электричества пройдёт по катушке при исчезновении магнитного поля?

300. Большие сверхпроводящие катушки в будущем могут быть использованы как накопители энергии. Пусть сила тока в такой катушке с индуктивностью 100 Гн равна 10 кА. Сколько льда, взятого при температуре 0°C , можно превратить в воду и нагреть до 100°C за счет энергии магнитного поля этой катушки.

301. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное поле с индукцией 0,5 Тл. Определить момент импульса, которым обладала частица при движении в магнитном поле, если её траектория представляла дугу окружности радиусом 0,2 см.

302. Два иона разных масс с одинаковыми зарядами влетели в однородное магнитное поле, стали двигаться по окружностям радиусами $R_1 = 3$ см и $R_2 = 1,73$ см. Определить отношение масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

303. Частица с удельным зарядом $\frac{q}{m}$ находится внутри круглого сечения на расстоянии r от его оси. В обмотке включили ток, и индукция магнитного поля стала B . Найти скорость частицы и радиус кривизны её траектории, считая, что за время нарастания тока в соленоиде её смещение пренебрежимо мало.

304. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 6 кВ, влетает в однородное магнитное поле под углом 30° к направлению поля и начинает двигаться по спирали. Индукция магнитного поля равна $B = 1,3 \cdot 10^{-2}$ Тл. Найти радиус витка и шаг спирали.

305. Через поперечное сечение медной пластинки толщиной $d = 0,2$ мм пропускается ток $I = 6$ А. Пластика помещается в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл, перпендикулярное ребру пластинки и направлению тока (рис. 95). Считая концентрацию электронов проводимости равной концентрации атомов, определить возникающую в пластинке поперечную (холловскую) разность потенциалов.

306. Электрон из состояния покоя, прошёл разность потенциалов 250 В и попал в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 60^\circ$ к линиям индукции ($B = 0,51$ Тл). Определить шаг винтовой линии, по которой движется электрон в области пространства, занятого полем.

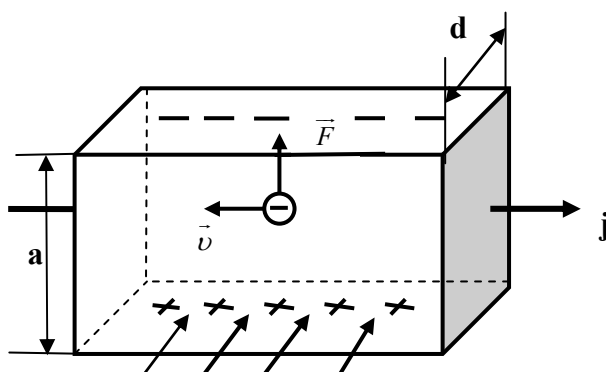


Рис. 95. К задаче 305 (металлическая пластинка с током в магнитном поле)

307. Электрон в атоме водорода движется по круговой орбите известного радиуса. Найти отношение магнитного момента к моменту импульса орбитального движения электрона.

308. Сплошной шар радиусом 10 см несёт заряд 200 нКл, равномерно распределённый по объёму. Шар вращается относительно оси, проходящей через центр шара, с угловой скоростью 10 рад/с. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока, создаваемого вращающимся заряженным шаром и сферой и отношение магнитного момента к моменту импульса, если масса сферы 100 кг.

309. Диск радиусом 10 см несёт равномерно распределённый по поверхности заряд 0,2 мкКл. Диск равномерно вращается с частотой 20 с^{-1} относительно оси, проходящей через центр диска и перпендикулярно его плоскости. Определить магнитный момент кругового тока, создаваемого диском и отношение магнитного момента к моменту импульса диска, если масса диска 0,1 кг.

310. Катушку сопротивление 20 Ом отключают от источника постоянного напряжения, не разрывая при этом цепи. Ток в катушке уменьшается на 20 % от своего первоначального значения за 0,15 мс. Определить индуктивность катушки.

311. Плоская катушка диаметром 6 см, состоящая из 120 витков, находится в однородном магнитном поле, индукция которого $6 \cdot 10^{-2}$ Тл. Катушка поворачивается вокруг оси, перпендикулярной линиям индукции, на угол 180° за 0,2 м. Плоскость катушки до и после поворота перпендикулярна линиям индукции поля. Чему равно среднее значение ЭДС индукции, возникающей в катушке?

312. Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (рис. 96). При начальной скорости проводника, равной нулю, проводник переместился на 1 м. ЭДС индукции на концах проводника в конце перемещения равна 2 В. Каково ускорение проводника?

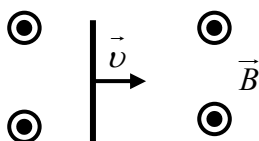


Рис. 96. К задаче 312

313. В вакууме внутри соленоида, имеющего длину 50 см и 300 витков, находится металлическое кольцо сопротивление которого 2 Ом, площадь 5 см^2 . Плоскость кольца перпендикулярна оси соленоида. Ток в соленоиде нарастает по закону $I = k \cdot t$, где $k = 1 \text{ А/с}$. Определить индукционный ток в кольце.

314. Медное кольцо из провода диаметром 2 мм расположено в однородном магнитном поле, магнитная индукция которого меняется по модулю со скоростью 1,09 Тл/с. Плоскость кольца перпендикулярна

вектору магнитной индукции. Чему равен диаметр кольца, если возникающий в нём индукционный ток равен 10 А? Удельное сопротивление меди $1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

315. Два параллельных рельса расположены на расстоянии $a = 1$ м друг от друга в горизонтальной плоскости в однородном вертикальном магнитном поле (рис. 97). Рельсы замкнуты перемычками, которые, сохраняя с ним надёжный контакт, движутся в противоположные стороны с одинаковой по величине скоростью 2 м/с. Сопротивление каждой из перемычек 2 Ом, а сопротивление рельсов пренебрежимо мало. Какова индукция магнитного поля, если сила тока, текущего по перемычкам 0,1 А?

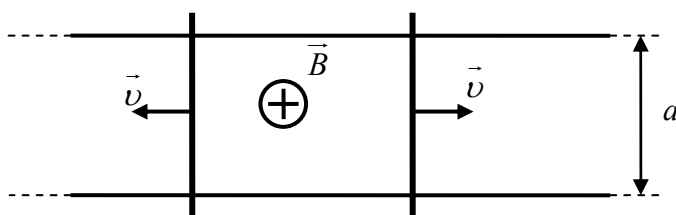


Рис. 97. К задаче 315

316. Плоская горизонтальная фигура площадью $0,1 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром, имеющим сопротивление 5 Ом, находится в однородном магнитном поле. Какой заряд протечёт по контуру за большой промежуток времени, пока проекция вектора магнитной индукции на вертикаль равномерно меняется с $B_1 = 2$ Тл до $B_2 = -2$ Тл?

317. Катушка индуктивности диаметром 4 см, имеющая 400 витков медной проволоки сечением 1 мм^2 , расположена в однородном магнитном поле, индукция которого направлена вдоль оси катушки и равномерно изменяется со скоростью $0,1$ Тл/с. Концы катушки замкнуты накоротко. Определить количество теплоты, выделяющейся в катушке за 1 с.

318. Катушка сопротивлением 59 Ом и индуктивностью 10^{-3} Гн находится в магнитном поле. При равномерном изменении магнитного поля поток через катушку возрос на 10^{-3} Вб и ток в катушке увеличился на 0,1 А. Какой заряд прошёл за это время по катушке?

319. Проволочный виток радиуса r движется в магнитном поле вдоль оси x со скоростью v . Индукция магнитного поля возрастает по закону $B = B_0 + \alpha \cdot x$. Определите силу тока, текущего по витку, если площадь поперечного сечения проволоки S , удельное сопротивление ρ . Считать, что на рассматриваемом перемещении силовые линии остаются перпендикулярны плоскости витка.

320. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл равномерно вращается стержень длиной 50 см так, что плоскость его враще-

ния перпендикулярно линиям напряжённости, а ось вращения проходит через один из его концов. Определить индуцируемую на концах стержня разность потенциалов.

321. Определить индуктивность двухпроводной линии на участке длиной 1 км. Радиус провода 1 мм, расстояние между осевыми линиями 0,4 м. Учесть только внутренний магнитный поток (поток, пронизывающий контур, ограниченный проводами).

322. Тонкий медный провод массой 1 г согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещён в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл так, что плоскость его перпендикулярна линиям индукции поля. Определить заряд который потечёт по проводнику если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

323. Прямоугольная рамка со сторонами a и b лежит в одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток I . Провод параллелен стороне b рамки. Рамка движется равномерно со скоростью v в этой плоскости перпендикулярно проводу. Найти величину э.д.с. индуцируемой в рамке, как функцию расстояния x от провода до ближайшего к нему края рамки.

324. Определить коэффициент самоиндукции коаксиального кабеля (на один метр длины), представляющего из себя сплошной металлический стержень круглого сечения радиуса R_1 и внешнюю цилиндрическую тонкостенную оболочку с радиусом R_2 .

325. Вдоль длинного тонкостенного круглого цилиндра радиуса R течет ток I . Какое давление испытывают стенки цилиндра?

326. Два одинаковых полосовых магнита соединены противоположными полюсами. Для их разъединения оказывается необходимым приложить силу 100 Н. Какова индукция магнитного поля в небольшом зазоре между полюсами магнита? Площадь поперечного сечения магнита $2,5 \text{ см}^2$.

327. Металлическая рамка в форме буквы «П» (рис. 98) расположена вертикально в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки. Вертикально вниз из состояния покоя начинает движение металлический стержень AB . Стержень находится в электрическом контакте с вертикальными сторонами рамки, но движется без трения. Определить скорость движения стержня через t секунд после начала движения. Масса стержня m , электрическое сопротивление стержня R , расстояние между точками контактов стержня с рамкой l . Электрическое сопротивление рамки и её индуктивность пренебрежимо малы. Самоиндукцией пренебречь.

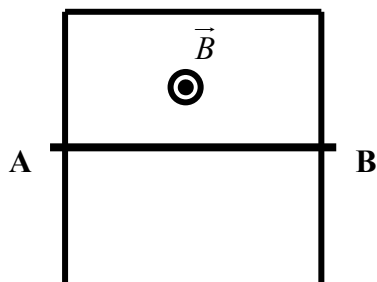


Рис. 98. К задаче 327

328. В плоскости, перпендикулярной магнитному полю напряжённостью $2 \cdot 10^5$ А/м, вращается стержень длиной 0,4 м относительно оси, проходящей через его сердцевину. В стержне индуцируется ЭДС 0,2 В. Определить угловую скорость стержня.

329. На концах крыльев самолёта с размахом 20 м, летящего со скоростью 900 км/ч, возникает ЭДС индукции 0,06 В. Определить вертикальную составляющую напряжённости магнитного поля Земли.

330. Однослойный соленоид без сердечника длиной 20 см и диаметром 4 см имеет плотную намотку медным проводом диаметром 0,1 мм. За 0,1 с сила тока в нём равномерно убывает с 5 А до 0. Определить ЭДС самоиндукции в соленоиде.

331. Обмотка соленоида имеет сопротивление 10 Ом. Какова его индуктивность, если при прохождении тока за 0,05 с в нём выделяется количество теплоты, эквивалентное энергии магнитного поля соленоида?

332. По соленоиду течёт ток 5 А. Длина соленоида 1 м, он имеет 500 витков. В соленоид вставлен железный сердечник. Найти намагниченность и объёмную плотность энергии магнитного поля соленоида. Зависимость $B = f(H)$ дана на рис 99.

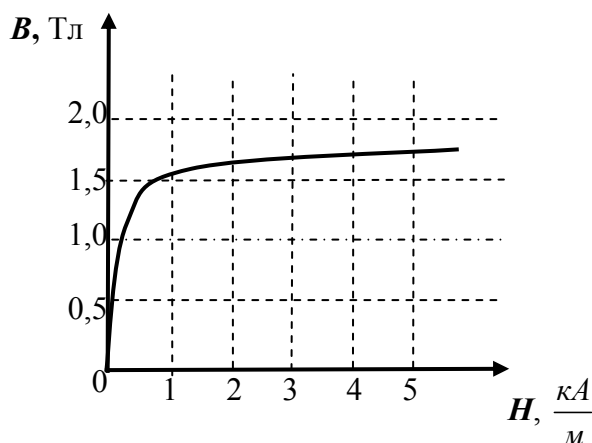


Рис. 99. К задаче 332

333. По обмотке соленоида с параметрами: число витков 1000, длина 0,5 м, диаметр 4 см течёт ток 0,5 А. Определить потокоцепление, энергию, объёмную плотность соленоида.

334. Небольшой шарик объёма V из парамагнетика с магнитной восприимчивостью χ медленно переместили вдоль оси катушки с током из точки, где индукция магнитного поля равна B , в область, где магнитное поле почти отсутствует. Какую при этом совершили работу?

335. Индукция магнитного поля в вакууме вблизи плоской поверхности однородного изотропного магнетика равна B , причем вектор B составляет угол α с нормалью к поверхности. Магнитная проницаемость магнетика равна μ . Найти модуль вектора индукции магнитного поля в магнетике вблизи поверхности.

336. На длинный прямой соленоид, имеющий диаметр сечения $d = 5$ см и содержащий $n = 20$ витков на один сантиметр длины, плотно надет круговой виток из медной провода сечением $S = 1,0 \text{ мм}^2$. Найти ток в витке, если ток в обмотке соленоида увеличивают с постоянной скоростью $j = 100 \text{ А/с}$.

337. Однородное магнитное поле, объёмная плотность энергии которого $0,4 \text{ Дж/м}^3$, действует на проводник с током, расположенный перпендикулярно линиям индукции с силой $0,1 \text{ мН}$ на 1 см его длины. Определить силу тока в проводнике.

338. Соленоид без сердечника имеет плотную однослойную обмотку проводом диаметром $0,2 \text{ мм}$, и по нему течёт ток $0,1 \text{ А}$. Длина соленоида 20 см , диаметр 5 см . Найти энергию магнитного поля соленоида.

339. Две катушки намотаны на один общий сердечник. Индуктивность первой катушки $0,2 \text{ Гн}$, второй – $0,8 \text{ Гн}$; сопротивление второй катушки 600 Ом . Какой ток потечёт во второй катушке, если ток $I_1 = 0,3 \text{ А}$, текущий в первой катушке, выключить в течение времени $t = 1 \text{ мс}$.

340. Соленоид длиной 20 см , имеющий 400 витков, площадью поперечного сечения 10 см^2 находится в диамагнитной среде. Определить силу тока в обмотках соленоида, если его индуктивность 1 мГн , а намагниченность внутри соленоида 20 А/м .

341. По соленоиду имеющему 1000 витков, длину 45 см , площадь поперечного сечения 10 см^2 и индуктивность 3 мГн , течёт ток $0,4 \text{ А}$. Определить внутри соленоида: магнитную индукцию; намагниченность.

342. Два соленоида имеющие индуктивности $L_1 = 0,25 \text{ Гн}$ и $L_2 = 1 \text{ Гн}$ имеют одинаковую длину и равные сечения вставлены один в другой. Определите взаимную индуктивность соленоидов.

343. Определите сопротивление катушки индуктивностью 0,5 Гн, если при её подключении к источнику тока за 5 с сила тока через катушку достигает 80 % предельного значения.

344. Напряжённость электрического поля в зазоре между обкладками конденсатора площадью 1 см^2 , заполненного диэлектриком с $\varepsilon = 1000$, изменяется равномерно со скоростью $0,17 \text{ МВ}/(\text{м}\cdot\text{с})$. Определить силу тока смещения в таком электрическом поле.

345. При разрядке плоского конденсатора, площадь обкладок которого равна 10 см^2 , заполненного диэлектриком с $\varepsilon = 1000$, в подводящих проводах течёт ток 1 мкА . Определить скорость изменения напряжённости электрического поля в конденсаторе.

346. При разрядке длинного цилиндрического конденсатора длиной $0,5 \text{ см}$ и внешним радиусом $0,5 \text{ см}$ в проводящих проводах течёт ток проводимости силой $0,1 \text{ мкА}$. Определить плотность тока смещения в диэлектрике между обкладками конденсатора.

347. Ток, проходящий по обмотке длинного прямого соленоида радиусом R , изменяется так, что магнитное поле внутри соленоида растёт по закону $B = A \cdot t^2$, где A – некоторая постоянная. Определить плотность тока смещения как функцию расстояния r от оси соленоида. Построить график зависимости $j_{\text{см}}(r)$.

348. Материальная точка массой 10 г совершает гармоническое колебание с периодом $T = 1 \text{ с}$. Определить амплитуду колебаний, максимальную скорость и ускорение колеблющейся точки, если полная энергия точки равна $0,02 \text{ Дж}$.

349. Найти амплитуду и начальную фазу гармонического колебания, полученного от сложения одинаково направленных гармонических колебаний, данных уравнениями: $x_1 = 0,02 \cos(5\pi t + \pi/2)$ и $x_2 = 0,03 \cos(5\pi t + \pi/4)$. Построить векторную диаграмму сложения амплитуд.

350. Сплошной однородный цилиндр массы m совершает малые колебания под действием двух пружин, общий коэффициент жесткости которых равен k (рис. 100). Найти период этих колебаний в отсутствие проскальзывания.

351. Математический маятник подвешен вблизи вертикальной стены и совершает малые колебания в плоскости, параллельной стене. В стену вбит гвоздь так, что середина нити маятника наталкивается на него каждый раз, когда маятник проходит положение равновесия справа налево (рис. 101). Найти длину нити, если период колебаний такого маятника $2,41 \text{ с}$.

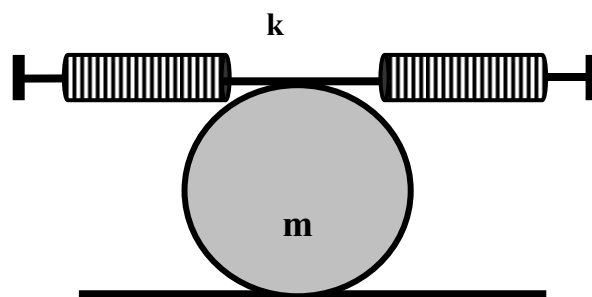


Рис. 100. К задаче 350

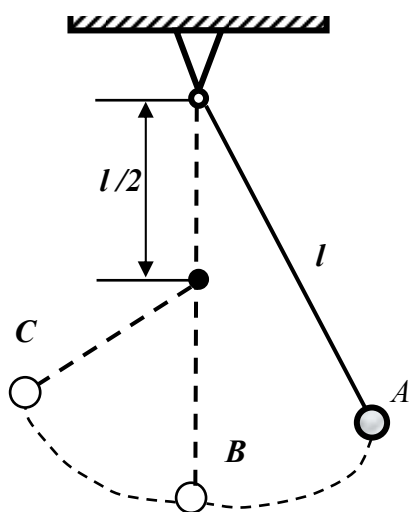


Рис. 101. К задаче 351

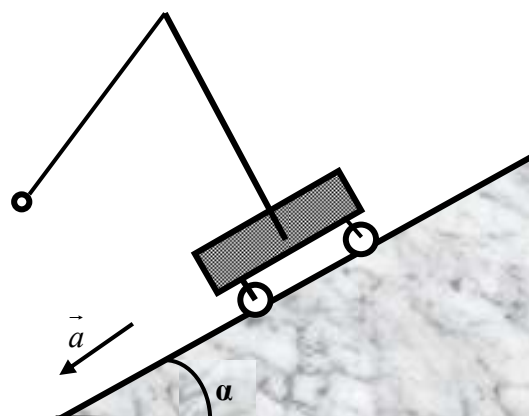


Рис. 102. К задаче 352

352. Математический маятник установлен на тележке, скатывающийся без трения вниз по наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом (рис. 102). Определить период колебания маятника во время движения тележки. Длина маятника l .

353. Период затухающих колебаний $T = 4$ с, логарифмический декремент затухания $\chi = 1,6$; начальная фаза равна нулю. Смещение точки в начальный момент времени равно $4,5$ см. Написать уравнение колебаний и найти смещение точки в момент времени спустя период.

354. Точка совершает гармонические колебания, уравнение которых имеет вид: $x = 0,1 \cdot \sin 2t$ м. В момент, когда возвращающая сила впервые достигла значения $F = -10^{-2}$ Н, точка обладает потенциальной энергией $2 \cdot 10^{-4}$ Дж. Найти этот момент времени t и соответствующую ему фазу колебаний.

355. Точка участвует в двух одинаково направленных колебаниях: $x_1 = A_1 \cdot \sin \omega t$ и $x_2 = A_2 \cdot \cos \omega t$, где $A_1 = 1$ см; $A_2 = 2$ см; $\omega = 1$ с $^{-1}$. Опре-

делить амплитуду результирующего колебания, его частоту и начальную фазу. Найти уравнение этого движения.

356. Волна распространяется в упругой среде со скоростью 100 м/с. Наименьшее расстояние Δx между точками среды, фазы которых противоположны, равно 1 м. Определить частоту колебаний.

357. Когда поезд проходит мимо неподвижного наблюдателя, высота тона звукового сигнала меняется скачком. Определить относительное изменение частоты $\Delta \nu / \nu$, если скорость поезда равна 54 км/ч.

358. Найти энергию колебательного контура если известно, что максимальная сила тока 0,2 А, максимальное напряжение на обкладках конденсатора 40 В, период колебаний 15,7 мкс.

359. Максимальная сила тока в колебательном контуре 0,1 А, максимальное напряжение на обкладках конденсатора 200 В. Найти циклическую частоту колебаний, если энергия контура 0,2 мДж.

360. Определить работу, совершённую против сил электрического поля, если при медленном раздвигании пластин конденсатора частота колебаний увеличивается в 2 раза. Энергия свободных незатухающих колебаний, происходящих в колебательном контуре, составляет 0,2 мДж.

361. Изменение разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре происходит в соответствии с уравнением $U = 50 \cos 10^4 \pi t$. Ёмкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность контура, закон изменения силы тока со временем и длину волны.

362. Колебательный контур содержит катушку с индуктивностью 10 мкГн имеющую 100 витков и конденсатор ёмкостью 1 нФ. Максимальное напряжение на обкладках конденсатора 100 В. Определить максимальный магнитный поток, пронизывающий катушку.

363. Катушку сопротивление 20 Ом отключают от источника постоянного напряжения, не разрывая при этом цепи. Ток в катушке уменьшается на 20 % от своего первоначального значения за 0,15 мс. Определить индуктивность катушки.

364. Найти индукцию магнитного поля в катушке колебательного контура в момент времени $t = 10^{-3}$ с, если при $t = 0$ заряд на конденсаторе 10^{-5} Кл, а начальный ток в контуре равен нулю. Ёмкость конденсатора 10^{-5} Ф; индуктивность катушки 10^{-2} Гн; число витков на единицу длины в катушке 10^4 1/м; омическое сопротивление контура 60 Ом. Длину катушки считать много больше диаметра её витков.

365. В идеальном колебательном контуре амплитудное значение напряжения на конденсаторе увеличивается на 10 В, при этом максималь-

ная сила тока через индуктивность возросла в 3 раза. Определить амплитуду напряжения до увеличения напряжения и начальное напряжение на конденсаторе.

366. Конденсатор ёмкостью 1 мкФ включен в идеальный контур с двумя параллельными катушками $L_1 = 0,1$ Гн, $L_2 = 0,2$ Гн (рис. 103). Найти амплитудное значение силы тока в контуре, если максимальное напряжение на обкладках конденсатора составляет 10 В.

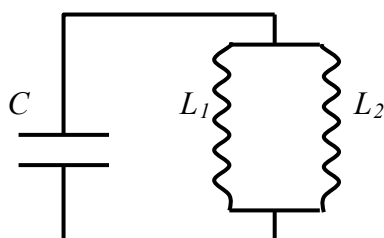


Рис. 103. К задаче 366

367. Найти время, за которое амплитуда колебаний тока в контуре с добротностью Q уменьшится в n раз, если частота затухающих колебаний равна ω .

368. Колебательный контур имеет ёмкость $1,3 \cdot 10^{-9}$ и индуктивность $5 \cdot 10^{-3}$ Гн. Логарифмический декремент затухания 0,005. Через сколько времени энергия в контуре уменьшится в 10 раз?

369. Сопротивление 10 Ом и катушка с индуктивностью 0,1 Гн соединены последовательно. Какую ёмкость необходимо включить последовательно в цепь, чтобы уменьшить сдвиг фазы между ЭДС и силой тока на 27° ? Частота изменения ЭДС $\nu = 50$ Гц.

370. Плоский воздушный конденсатор, обкладки которого имеют форму дисков радиусом 6 см, подключён к переменному синусоидальному напряжению частотой $\omega = 10^3$ 1/с. Найти отношение максимальных значений энергии магнитного поля и электрического поля внутри конденсатора.

371. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл равномерно вращается стержень длиной 50 см так, что плоскость его вращения перпендикулярно линиям напряжённости, а ось вращения проходит через один из его концов. Определить индуцируемую на концах стержня разность потенциалов.

372. Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в среде с магнитной проницаемостью, равной 1, имеет вид $E = 10 \sin(6,28 \cdot 10^8 t - 4,19x)$. Определить диэлектрическую проницаемость среды и длину волны.

373. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 4$ мкФ, катушка с индуктивностью $L = 2$ мГн и активного сопротивления $R = 10$ Ом. Найти отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора при свободных колебаниях, когда сила тока достигает максимального значения.

374. В колебательном контуре с емкостью $C = 10$ мкФ, индуктивностью $L = 25$ мГн и активным сопротивлением $R = 1$ Ом возникают свободные колебания. Через сколько колебаний амплитуда тока в этом контуре уменьшится в e раз?

375. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 405 нФ, катушки с индуктивностью 10 мГн и сопротивления 2 Ом. Во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за один период колебаний?

376. Частота затухающих колебаний в колебательном контуре 550 кГц, добротность контура 2500 . Определить время, за которое амплитуда силы тока в этом контуре уменьшится в 4 раза.

377. Найти логарифмический декремент затухания колебаний для колебательного контура состоящего из конденсатора емкостью $2,22$ нФ, катушки длиной 20 см изготовленной из медной проволоки диаметром $0,5$ мм.

378. Колебательный контур имеет емкость $1,1$ нФ и индуктивность 5 мГн. Логарифмический декремент затухания $0,005$. За какое время вследствие затухания потеряется 99% энергии контура?

379. Определить резонансную частоту колебательной системы, если известно, что период затухающих колебаний составляет $0,2$ с, а отношение амплитуд первого и шестого колебаний равно 13 .

380. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны $0,1$ А/м. Определить энергию, переносимую этой волной через поверхность площадью 1 м², расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, за время 1 с. Период волны

381. Определить индуктивность двухпроводной линии на участке длиной 1 км. Радиус провода 1 мм, расстояние между осевыми линиями $0,4$ м. Учесть только внутренний магнитный поток (поток, пронизывающий контур, ограниченный проводами).

382. На пути плоской электромагнитной волны длиной 10 м и амплитудой $E_0 = 70$ В/м расположена абсолютно поглощающая поверхность, имеющая форму полусферы радиусом 1 м, обращенная своей сферической поверхностью к падающей волне. Волна распространяется в вакууме. Определить энергию, поглощаемую сферической поверхностью за время $t = 5$ мин.

383. Плоская электромагнитная волна с частотой ν распространяется в слабо проводящей среде с удельной проводимостью σ и диэлектрической проницаемостью ϵ . Найти отношение амплитуд плотностей токов проводимости и смещения.

384. Плоский воздушный конденсатор, обкладки которого имеют форму дисков радиуса R , подключен к переменному синусоидальному напряжению частоты ω . Найти отношение амплитудных значений магнитной и электрической энергий внутри конденсатора.

385. В вакууме вдоль оси x распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряжённости электрического поля волны 10 В/м . Определить амплитуду напряжённости магнитного поля волны.

386. Нерелятивистские протоны, ускоренные разностью потенциалов $U = 1 \text{ кВ}$, образуют пучок круглого сечения с током $I = 10 \text{ мА}$. Найти модуль и направление вектора Пойнтинга вне пучка на расстоянии $r = 0,2 \text{ м}$ от его оси.

387. Определить энергию, переносимую плоской синусоидальной электромагнитной волной, распространяющейся в вакууме, за 1 с сквозь поверхность площадью 1 м^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. Амплитуда напряжённости электрического поля волны 5 мВ/м . Период волны $T \ll t$.

388. На расстоянии 300 м от Останкинской телевизионной башни плотность излучения максимальна и равна 40 мВт/м^2 . Какова плотность излучения на расстоянии уверенного приёма, равном 120 км ?

389. Время горизонтальной развёртки электронно-лучевой трубки радиолокатора 2 мс . Найти наибольшую глубину разведки.

390. В RLC – контуре наблюдаются затухающие колебания с периодом 100 мс . В течение 10 периодов колебаний амплитудное значение силы тока в цепи уменьшилось в 20 раз. Найти величину резонансной частоты колебательного контура.

391. В цепь колебательного контура, содержащего последовательно соединённые резистор сопротивлением 40 Ом , катушку индуктивностью $0,36 \text{ Гн}$ и конденсатор ёмкостью 28 мкФ , подключено внешнее переменное напряжение с амплитудным значением $U_m = 180 \text{ В}$ и частотой $\omega = 314 \text{ рад/с}$. Определить амплитудное значение силы тока в цепи и сдвиг по фазе между током и внешним напряжением.

392. Катушка, имеющая индуктивность $L = 0,3 \text{ Гн}$ и сопротивление $R = 100 \text{ Ом}$, включена в цепь с частотой 50 Гц с эффективным напряжением $U = 120 \text{ В}$. Определить выделяемую в цепи мощность.

393. Цепь переменного тока представлена на рис. 104. Определить сдвиг фаз $\Delta\varphi$ между напряжением на конденсаторе и током, текущим через сопротивление R .

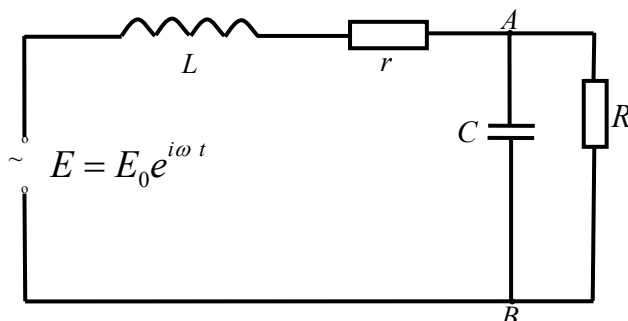


Рис. 104. К задаче 393

394. Колебательный контур состоит из конденсатора имеющего ёмкость 4 мкФ , катушки с индуктивностью 2 мГн и активного сопротивления 10 Ом . Найти отношение энергии магнитного поля к энергии электрического поля конденсатора в момент максимума тока.

395. Катушка с индуктивностью $0,7 \text{ Гн}$ и активным сопротивлением 20 Ом соединена последовательно с безындукционным сопротивлением R и между концами этой цепи приложено переменное напряжение с действующим значением 220 В и частотой 314 с^{-1} . При каком значении R в цепи будет выделяться максимальная тепловая мощность? Чему она равна?

396. Генератор переменного напряжения $U = U_0 \cdot \cos \omega t$ передаёт энергию потребителю по длинному прямому коаксиальному кабелю с пренебрежимо малым активным сопротивлением. Ток в цепи меняется по закону $I = I_0 \cdot \cos(\omega t - \varphi)$. Найти средний по времени поток энергии через поперечное сечение кабеля. Внешняя оболочка кабеля тонкостенная.

397. Автотрансформатор, понижающий напряжение с $U_1 = 3 \text{ кВ}$ до $U_2 = 300 \text{ В}$, содержит в первичной обмотке 1000 витков. Сопротивление вторичной обмотки 1 Ом . Сопротивление нагрузки $R = 10 \text{ Ом}$. Пренебрегая сопротивлением первичной обмотки, определите число витков во вторичной обмотке трансформатора.

398. Первичная обмотка трансформатора для питания радиоприёмника имеет 1200 витков. Какое количество витков должна иметь вторичная обмотка трансформатора для питания накала лампы, если для этого необходимо напряжение $3,5 \text{ В}$ и сила тока 1 А ? Сопротивление вторичной обмотки $0,1 \text{ Ом}$, а напряжение в сети 120 В . Потерями в первичной обмотке пренебречь.

399. Трансформатор с коэффициентом трансформации 0,15 понижает напряжение с 220 В до 6 В. При этом сила тока во вторичной обмотке равна 6 А. Пренебрегая потерями энергии в первичной обмотке, определить сопротивление вторичной обмотки трансформатора.

400. Электромагнитная волна с частотой 3 МГц переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4$. Найти приращение её длины волны.

401. В вакууме вдоль оси X распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряжённости электрического поля волны равна 10 В/м. Определить амплитуду напряжённости магнитного поля волны.

402. Изотропный точечный источник, звуковая мощность которого 0,1 Вт, находится в центре круглого полого цилиндра имеющего радиус 1 м и высоту 2 м. Пологая, что стенки цилиндра полностью поглощают звук, найти средний поток энергии, падающий на боковую поверхность цилиндра.

403. На пути плоской звуковой волны в воздухе находится шар радиуса 50 см. Длина волны 5 см, частота 6,8 кГц, амплитуда колебаний давления в воздухе 3,5 Па. Найти средний за период колебаний поток энергии, падающий на поверхность шара.

2.2.3. Оптика. Элементы квантовой, атомной и ядерной физики

404. В дно водоёма глубиной 2 м вбита свая, на 0,5 м выступающая из воды. Найти длину тени от сваи на дне водоёма при угле падения лучей 70° .

405. В аквариум прямоугольной формы налита вода. Угол падения луча света на стеклянную стенку $78,1^\circ$. Найти угол преломления луча в воде при выходе из стекла. Зависит ли ответ задачи от: а) толщины стенок; б) показателя преломления данного сорта стекла?

406. Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в 2 раза меньше угла падения?

407. Солнечные лучи падают на горизонтальное дно озера под углом 30° . Под каким углом солнечные лучи падают на поверхность воды?

408. На дне сосуда, наполненного водой до высоты H , находится точечный источник света S . На поверхности воды плавает диск так, что его центр O находится под точечным источником света (рис. 105). При каком минимальном радиусе диска ни один луч не выйдет через поверхность воды?

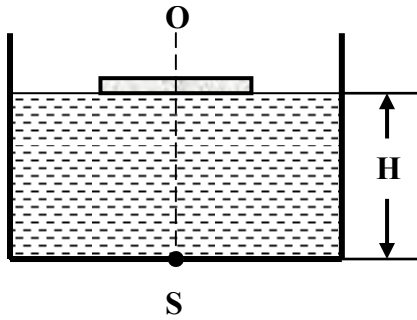


Рис. 105. К задаче 408

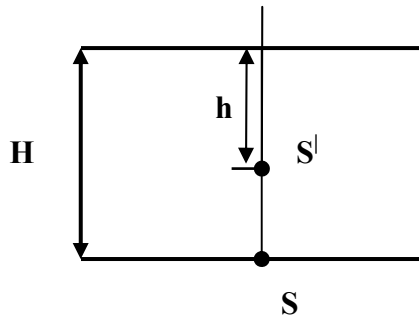


Рис. 106. К задаче 410

409. Показатель преломления атмосферы некоторой планеты меняется с высотой h над её поверхностью по закону: $n = n_0 - \alpha \cdot h$ при $h \ll \frac{n_0}{\alpha}$. На какой высоте тонкий пучок света, выпущенный горизонтально, будет обходить планету, оставаясь всё время на этой высоте? Радиус планеты R .

410. Пластинка с плоскими параллельными гранями изготовлена из прозрачного материала с показателем преломления 1,8. На нижней её грани нанесена тёмная точка. Какова толщина пластинки, если наблюдатель, смотрящий сверху вниз, видит эту точку, на расстоянии $h = 4,5$ см от верхней преломляющей грани (рис. 106)?

411. Определить боковое смещение луча, прошедшего сквозь плоскопараллельную стеклянную пластинку с показателем преломления 1,5. Толщина пластинки 5 см, на неё падает луч света под углом 30° .

412. Фокус вогнутого зеркала расположен на расстоянии $a = 24$ м от предмета и на расстоянии $b = 0,54$ м от изображения. Найти увеличение зеркала k .

413. На каком расстоянии перед выпуклым сферическим зеркалом должен находиться предмет, чтобы его изображение получилось в 1,5 раза ближе к зеркалу, чем сам предмет. Радиус кривизны зеркала 1,6 м.

414. Луч света падает под углом 30° на плоскопараллельную стеклянную пластинку и выходит из неё параллельно первоначальному лучу. Какова толщина пластинки, если расстояние между лучами $l = 1,94$ см (рис. 107)? Показатель преломления стекла из которого изготовлена пластинка 1,5.

415. На каком расстоянии a_2 от зеркала получится изображение предмета в выпуклом зеркале с радиусом кривизны 40 см, если предмет помещён на расстоянии $a_1 = 30$ см от зеркала (рис. 108)? Какова будет высота y_2 изображения, если предмет имеет высоту $y_1 = 2$ см?

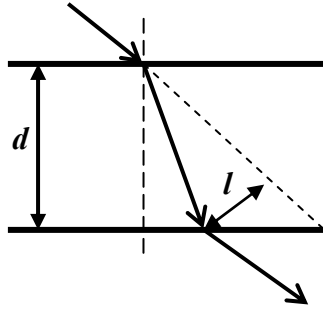


Рис. 107. К задаче 414

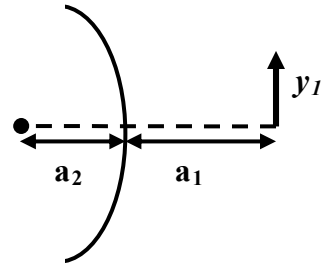


Рис. 108. К задаче 415

416. Луч света падает на границу раздела двух прозрачных сред под углом $\alpha = 30^\circ$. При этом отражённый от границы раздела и преломленный лучи перпендикулярны друг другу. Определить скорость света во второй среде и её показатель преломления, если скорость света в первой среде $1,25 \cdot 10^8$ м/с. Скорость света в вакууме принять равной $3 \cdot 10^8$ м/с.

417. На дне водоёма глубиной 1 м лежит камень. Где будет видеть камень человек, если он видит его под углом $\alpha = 30^\circ$ относительно нормали к поверхности воды. Расположение глаз принять таким, чтобы соответствующие им лучи зрения лежали в одной вертикальной плоскости. Показатель преломления воды 1,33.

418. Когда луч из первой среды проник во вторую среду, угол падения был равен 60° , а угол преломления – 45° . Когда же луч шёл из первой среды в третью, угол падения был равен 60° , а угол преломления – 30° . Когда луч шёл из второй среды в третью среду, угол падения был равен 60° , а угол преломления β . Вычислить угол β .

419. Показатель преломления атмосферы некоторой планеты радиусом R изменяется с высотой над поверхностью по закону $n = n_0 - \alpha \cdot h$; при $h \gg n_0 / \alpha$. На какой высоте тонкий пучок света, выпущенный горизонтально, будет обходить планету, оставаясь, всё время на этой высоте?

420. Луч света из точечного источника падает на стеклянную пластинку толщиной 10 см под углом $\alpha = 60^\circ$. Найти, под каким углом луч выйдет из пластинки и на сколько он сместится.

421. Луч света падает на стеклянную полусферу радиуса R на расстоянии a от его оси симметрии параллельно ей. На какой угол α отклонится вышедший из полусферы луч, если $a = 0,5 \cdot R$, $n = 1,414$ (рис. 109).

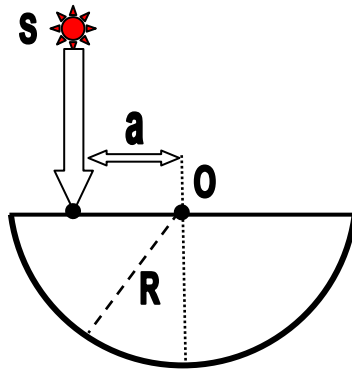


Рис. 109. К задаче 421.

422. Световод (длинная очень тонкая нить) изготовлена из прозрачного материала с показателем преломления 1,2. Один из торцов световода прижат к источнику рассеянного освещения, другой торец размещён на расстоянии $l = 5$ см от экрана (рис. 110). Найти диаметр светового пятна на экране.

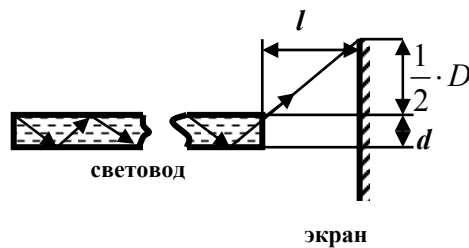


Рис. 110. К задаче 422

423. Расстояние от предмета до вогнутого сферического зеркала равно двум радиусам кривизны. Определить положение изображения предмета, построить это изображение.

424. Выпуклое сферическое зеркало имеет радиус кривизны 60 см. На расстоянии 10 см от зеркала поставлен предмет высотой 2 см. Определить положение и высоту изображения, построить чертеж.

425. Фокусное расстояние линзы $F = 20$ см. Расстояние от предмета до линзы равно $d = 10$ см. Определить расстояние f от изображения до линзы, если: а) линза собирающая; б) линза рассеивающая. Построить ход лучей в системе. Найти увеличение линзы.

426. Двояковыпуклая линза с показателем преломления 1,5 имеет одинаковые радиусы кривизны поверхностей, равные 10 см. Изображение предмета с помощью этой линзы оказывается в 5 раз больше предмета. Определить расстояние от предмета до изображения.

427. Необходимо изготовить плосковыпуклую линзу с оптической силой 4 дптр. Определить радиус кривизны выпуклой поверхности линзы, если показатель преломления материала линзы равен 1,6.

428. На треугольную призму из кварцевого стекла с показателем преломления 1,54 падает луч света под углом 36° . Преломляющий угол призмы 40° . Под каким углом луч выйдет из призмы? Каков угол отклонения луча от первоначального направления?

429. На экран проецируют диапозитив, причём площадь изображения в 25 раз больше площади диапозитива. Расстояние от объектива проекционного аппарата до диапозитива 40 см. Определите фокусное расстояние объектива и расстояние от объектива до экрана. Диапозитив считать квадратным.

430. Из трёх линз, расположенных вплотную друг к другу, составлена плоско-параллельная пластинка, причём оптическая сила системы первой и второй линз равна 5 дптр, системы второй и третьей 4 дптр. Найти фокусное расстояние первых трёх линз.

431. Какими должны быть радиусы кривизны $R_1 = R_2$ поверхности линзы, чтобы она давала увеличение для нормального глаза $k = 10$? Показатель преломления стекла из которого сделана лупа 1,5.

432. Микроскоп даёт 900-кратное увеличение. Определить фокусное расстояние окуляра микроскопа, если увеличение объектива 90.

433. В центре квадратной комнаты площадью 25 м^2 висит лампа. На какой высоте от пола должна находиться лампа, чтобы освещённость в углах комнаты была наибольшей?

434. Лист бумаги площадью $S = 10 \times 30 \text{ см}^2$ освещается лампой с силой света 100 кд, причём на него падает 0,5 % всего посылаемого лампой света. Найти освещённость листа бумаги.

435. Свет от электрической лампочки с силой света 200 кд падает под углом 45° на рабочее место, создавая освещённость $E = 141 \text{ лк}$ (рис. 111). На каком расстоянии r от рабочего места находится лампочка? На какой высоте h от рабочего места она висит?

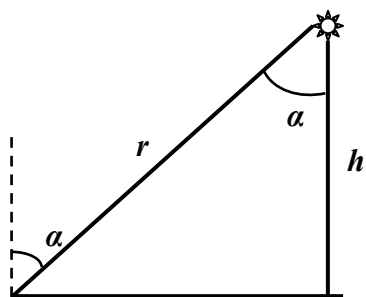


Рис. 111. К задаче 435

436. Лампа, подвешенная к потолку, дает в горизонтальном направлении силу света 60 кд. Какой световой поток падает на картину площадью $0,5 \text{ м}^2$, висящую вертикально на стене на расстоянии $r = 2 \text{ м}$ от лампы, если на противоположной стене находится большое зеркало на расстоянии 2 м от лампы?

437. На каком расстоянии необходимо поместить электрическую лампочку мощностью 200 Вт, со световой отдачей $\eta = 13,5 \text{ лм/Вт}$, чтобы она в заданной точке создавала освещённость 360 лк?

438. Проектор даёт пучок света в виде узкого конуса с телесным углом $\Omega = 0,03 \text{ ср.}$ какую освещённость обеспечит проектор на расстоянии $R = 2 \text{ км}$ при использовании в нём ксеноновой лампы мощностью 100 кВт со светоотдачей $\eta = 50 \text{ лм/Вт}$ при отсутствии поглощения света в воздухе?

439. На оси OX в точке $x_1 = 10 \text{ см}$ находится тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием $f_1 = -10 \text{ см}$, а в точке $x_2 = 25 \text{ см}$ – тонкая собирающая линза. Главные оптические оси обеих линз совпадают с осью OX (рис. 112). Свет от точечного источника, расположенного в точке $x = 0$, пройдя данную оптическую систему, распространяется параллельным пучком. Найдите фокусное расстояние собирающей линзы f_2 .

440. Линза, фокусное расстояние которой 15 см, даёт на экране изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получили изображение предмета с трёхкратным увеличением. На сколько пришлось сдвинуть предмет относительно его первоначального положения?

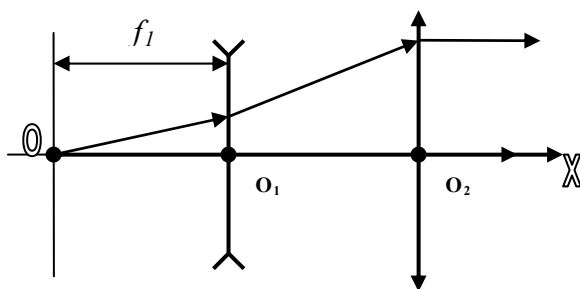


Рис. 112. К задаче 439

441. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (рис. 113). Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A . Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному

расстоянию линзы, $AC = 4$ см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.

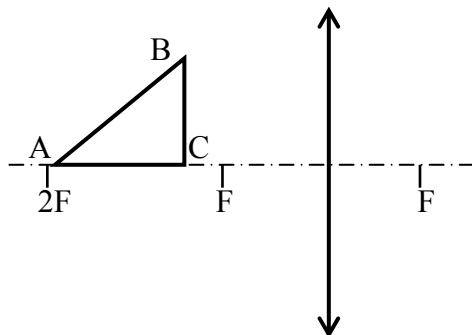


Рис. 113. К задаче 441

442. Одна сторона стеклянной пластины имеет ступенчатую поверхность (рис. 114). На пластинку, перпендикулярно её поверхности, падает световой пучок, который после прохождения пластины собирается линзой. Длина падающей световой волны λ ; в стекле она меньше, и равна $2 \cdot \lambda/3$. При каком наименьшем из указанных значений высоты ступеньки d интенсивность света в фокусе линзы будет минимальной? Отражением света пренебречь.

443. Небольшой груз, подвешенный на нити длиной 2,5 см, совершает гармонические колебания, при которых его максимальная скорость достигает 0,2 м/с. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,2 м изображение колеблющегося груза проецируется на экран. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Максимальное смещение изображения груза на экране от равновесного составляет 0,15 м. Определить расстояние между плоскостью линзы и экраном.

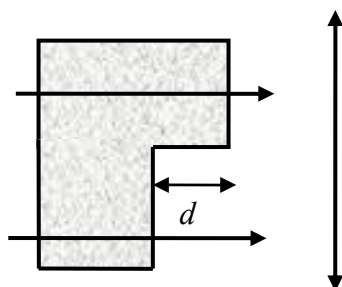


Рис. 114. К задаче 442

444. Определить светимость поверхности, яркость которой зависит от направления по закону $L = L_0 \cdot \cos \theta$, где θ – угол между направлением излучения и нормалью к поверхности.

445. Равномерно светящийся купол, имеющий вид полусферы опирается на горизонтальную поверхность. Определить освещённость в

центре этой поверхности, если яркость купола равна L и не зависит от направления.

446. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света с длиной волны $0,5 \text{ мкм}$ равно: $d = 5 \text{ мм}$. Расстояние от линии, соединяющей источники света, до экрана – 5 м . Что будет на экране напротив одного из источников – максимум или минимум света (рис. 115)?

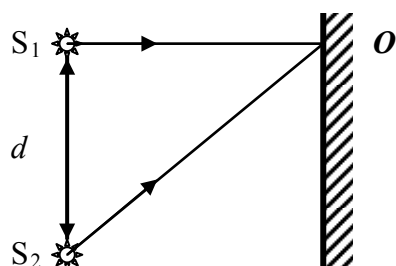


Рис. 115. К задаче 446

447. Система (рис. 116) состоит из двух точечных когерентных излучателей 1 и 2, которые расположены в некоторой плоскости так, что их дипольные моменты перпендикулярны к этой плоскости. Расстояние между излучателями d , длина волны излучения λ . Имея в виду, что колебания излучателя 2 отстают по фазе на α ($\alpha < \pi$) от колебаний излучателя 1, найти: а) углы ϑ , в которых интенсивность излучения максимальна; б) условия, при которых в направлении $\vartheta = \pi$ интенсивность излучения будет максимальна, а в противоположном направлении – минимальна.

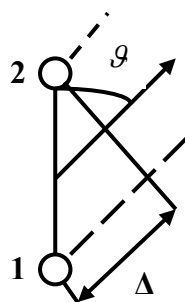


Рис. 116. К задаче 447

448. На толстую стеклянную пластинку, покрытую очень тонкой пленкой, коэффициент преломления вещества которой равен $1,4$, падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$. Отраженный свет максимально ослаблен вследствие интерференции. Определить толщину пленки.

449. Пучок света с длиной волны 582 нм падает перпендикулярно к поверхности стеклянного клина. Угол клина $\gamma = 20''$. Какое число тем-

ных интерференционных полос приходится на единицу длины клина? Показатель преломления стекла 1,5.

450. Расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1 м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной 1 см укладывается 8 темных полос интерференции. Длина волны 0,6 мкм.

451. На рис. 117 показана схема интерференционного рефрактометра, применяемого для измерения показателя преломления прозрачных веществ. S – узкая щель, освещаемая монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 589$ нм; 1 и 2 – кюветы длиной $l = 10$ см, которые заполнены воздухом ($n_0 = 1,000277$). При замене в одной из кювет воздуха на аммиак, интерференционная картина на экране сместилась на $m = 17$ полос. Определить показатель преломления аммиака.

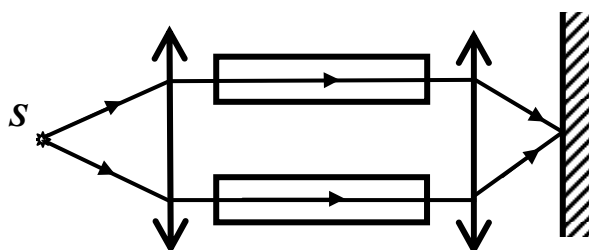


Рис. 117. К задаче 451

452. Интенсивность отражённого от мыльной плёнки монохроматического света зависит от длины волны; она имеет максимум при $\lambda_1 = 630$ нм и ближайший минимум при $\lambda_2 = 525$ нм. Определить толщину плёнки, принимая показатель преломления $n = 1,33$.

453. Монохроматический свет длиной волны 0,5 мкм падает на мыльную плёнку ($n = 1,3$) толщиной 0,1 мкм, находящуюся в воздухе. Найти наименьший угол падения, при котором плёнка в проходящем свете кажется тёмной.

454. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны сферической поверхности 12,5 см прижата к стеклянной пластинке. Диаметры m -го и $(m+5)$ -го тёмных колец Ньютона в отражённом свете равны. Определить длину волны света и номер кольца m .

455. В установке для получения колец Ньютона контакта между плосковыпуклой линзой и стеклянной пластинкой нет вследствие наличия пыли. При этом радиус пятого темного кольца оказывается равным 0,8 мм. Если пыль удалить, то радиус этого кольца увеличится до 1,0 мм. Найти толщину слоя пыли, если радиус линзы 10 см.

456. Точечный источник света S ($\lambda = 0,5$ мкм) расположен на расстоянии $a = 1$ м перед диафрагмой с круглым отверстием $d = 2$ мм (рис.

118). Определить расстояние b от диафрагмы до точки наблюдения, если отверстие открывает три зоны Френеля.

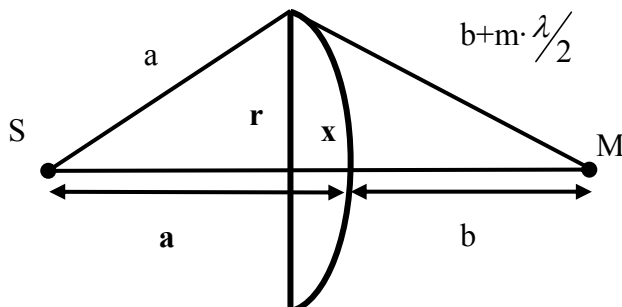


Рис. 118. К задаче 456

457. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально к поверхности пластинки. Наблюдение ведётся в отражённом свете. Радиусы двух соседних тёмных колец равны 4 мм и 4,38 мм. Радиус кривизны линзы 6,4 м. Определить порядковые номера колец и длину волны падающего света.

458. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой находится жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если радиус третьего тёмного кольца Ньютона при наблюдении в отражённом свете с длиной волны 0,6 мкм равен 0,82 мм. Радиус кривизны линзы 0,5 м.

459. Дифракция наблюдается на расстоянии l от точечного источника монохроматического света ($\lambda=0,5$ мкм). Посередине между источником света и экраном находится непрозрачный диск диаметром 5 мм (рис. 119). Определить расстояние l , если диск закрывает только центральную зону Френеля.

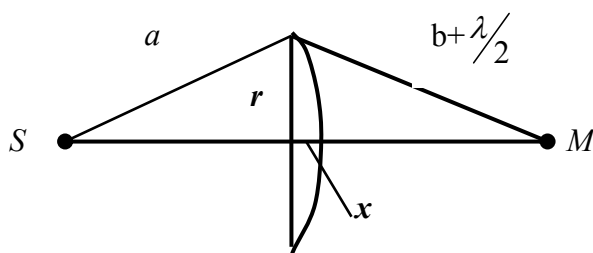


Рис. 119. К задаче 459

460. Свет от монохроматического источника ($\lambda = 600$ нм) падает нормально на диафрагму с диаметром отверстия 6 мм. За диафрагмой на расстоянии 3 м от неё находится экран. Какое число зон Френеля укладывается в отверстие диафрагмы? Каким будет центр дифракционной картины на экране: тёмным или светлым?

461. На тонкую плёнку в направлении нормали к её поверхности падает монохроматический свет с длиной волны 599 нм. Отражённый от неё свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину плёнки, если показатель преломления $n = 1,4$.

462. Расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1 м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной 1 см укладывается 10 тёмных интерференционных полос. Длина волны $\lambda = 0,7$ мкм.

463. Между краями двух хорошо отшлифованных тонких плоских стеклянных пластинок помещена тонкая проволочка диаметром 0,05 мм (рис. 120). Концы противоположных пластинок плотно прижаты друг к другу. На верхнюю пластинку нормально к её поверхности падает монохроматический пучок света. Определите длину волны света, если на пластинке длиной 10 см наблюдаются интерференционные полосы, расстояние между которыми равно 0,6 мм.

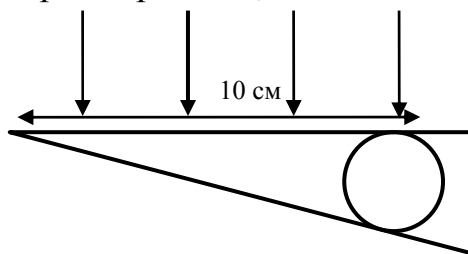


Рис. 120. К задаче 463

464. Дифракционная решётка имеет расстояние между штрихами 1 мкм. Она находится в прямоугольной кювете, заполненной водой, показатель преломления которой $n = 4/3$, и располагается параллельно боковой стенке кюветы (рис. 121). Свет падает перпендикулярно боковой стенке кюветы и проходит через решётку. Один из образовавшихся при дифракции лучей выходит под углом $\alpha = 30^\circ$. Какова длина волны источника света в воде, если луч образует первый дифракционный максимум?

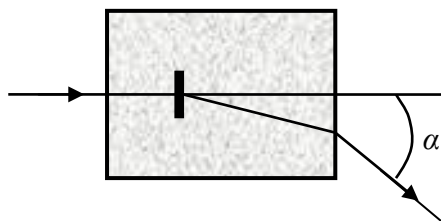


Рис. 121. К задаче 464

465. Какое наименьшее число штрихов должна содержать дифракционная решётка, чтобы в спектре второго порядка можно было видеть раздельно две жёлтые линии натрия с длинами волн 589,0 нм и

589,6 нм? Какова длина такой решётки, если постоянная решётки 5 мкм?

466. На поверхность дифракционной решётки нормально к её поверхности падает монохроматический свет. Найти общее число дифракционных максимумов, которые можно наблюдать в данном случае если постоянная решётки в 4,6 раза больше длины световой волны.

467. На дифракционную решётку падает нормально параллельный пучок белого света. Спектры 3 и 4-го порядка частично накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре 4-го порядка накладывается граница ($\lambda_1 = 780$ нм) спектра 3-го порядка?

468. Сколько штрихов на 1 мм длины имеет дифракционная решётка, если линия с длиной волны 407 нм в спектре первого порядка наблюдается под углом 19° ? Определите наибольший порядок максимума, который может образовать эта дифракционная решётка для данной длины волны.

469. Дифракционная решётка, имеющая порядок 0,03 мм, освещается светом с длиной волны 699 нм. Расстояние между центральной полосой и спектром четвёртого порядка равно 45 мм. На каком расстоянии от дифракционной решётки находится экран?

470. На дифракционную решётку нормально к её поверхности падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 550$ нм. На экран, находящийся от решётки на расстоянии $L = 1$ м, с помощью линзы, расположенной вблизи решётки, проецируется дифракционная картина, причём первый главный максимум наблюдается на расстоянии $l = 12$ см от центрального (рис. 122). Определить: 1) период дифракционной решётки; 2) число штрихов на 1 см её длины; 3) общее число максимумов, даваемых решёткой; 4) угол дифракции, соответствующий последнему максимуму.

471. На дифракционную решетку нормально к ее поверхности падает параллельный пучок света с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм. Помещенная вблизи решетки линза проецирует дифракционную картину на плоский экран, удаленный от линзы на $L=1$ м. Расстояние l между двумя максимумами интенсивности первого порядка, наблюдаемыми на экране, равно 20,2 см (рис. 123). Определить: 1) постоянную d дифракционной решетки; 2) число n штрихов на 1 см; 3) число максимумов, которое при этом дает дифракционная решетка; 4) максимальный угол φ_{max} отклонения лучей, соответствующих последнему дифракционному максимуму.

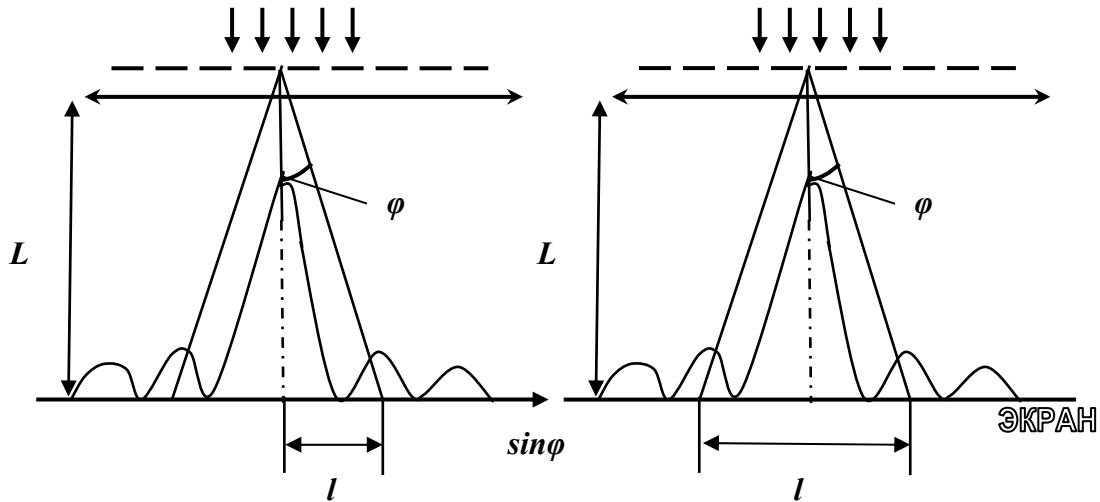


Рис. 122. К задаче 470

Рис. 123. К задаче 471

472. На дифракционную решетку падает нормально белый свет. Спектры второго и третьего порядка частично накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре третьего порядка накладывается середина желтой части ($\lambda = 0,575$ мкм) спектра второго порядка?

473. Длина волны падающего света в 5 раз меньше ширины прозрачного и непрозрачного участков дифракционной решетки. Определить углы, соответствующие первым трем наблюдаемым максимумам.

474. Найти ширину первого порядка с длинами волн в диапазоне от $\lambda_{\phi} = 0,38$ мкм до $\lambda_{\kappa} = 0,76$ мкм, полученного на экране с помощью линзы с фокусным расстоянием $F = 3$ м. Дифракционная решетка имеет 100 штрихов на 1 мм.

475. На дифракционную решетку с периодом 4 мкм нормально падает свет в диапазоне длин волн от 500 нм до 550 нм. Будут ли спектры разных порядков перекрываться друг другом?

476. Постоянная дифракционной решетки 10 мкм, её ширина 2 см. В спектре какого порядка эта решетка может разрешить дублет $\lambda_1 = 486$ нм и $\lambda_2 = 486,1$ нм?

477. На поверхность дифракционной решетки нормально падает пучок света. За решеткой помещена собирающая линза с оптической силой 1 дптр. В фокальной плоскости линзы расположен экран. Определить число штрихов на 1 мм этой решетки, если при малых углах дифракции линейная дисперсия $D_l = 1$ мм/нм.

478. Оптические исследования короны Солнца показали, что спектральная линия с длиной волны $\lambda = 600$ нм полученная при фокусировании фотоаппаратуры на противоположные части диска были смещены на $\Delta\lambda = 10^{10}$ м. Определить скорость собственного вращения звезды.

479. Параллельный пучок монохроматических электронов падает нормально на диафрагму в виде узкой прямоугольной щели, ширина которой 0,06 мм. Определить скорость этих электронов, если известно, что на экране, отстоящем от щели на расстоянии 40 мм, ширина центрального дифракционного максимума 10 мкм.

480. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии L от источника монохроматического света с длиной волны 600 нм. На расстоянии $0,5 \cdot L$ от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1 см. Найти расстояние L , если преграда закрывает только центральную зону Френеля.

481. Определить расстояние между атомными плоскостями в кристалле каменной соли, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается при падении рентгеновских лучей с длиной волны 0,147 нм под углом $15^{\circ}12'$ к поверхности кристалла?

482. Пучок рентгеновских лучей с длиной волны 17,8 пм проходит через поликристаллический образец на экране расположенном на расстоянии 15 см от образца. При этом образуется система дифракционных колец. Определить радиус светлого кольца, соответствующего второму порядку отражения от системы плоскостей с межплоскостным расстоянием 155 пм.

483. Предельный угол полного отражения для пучка света на границе кристалла каменной соли с воздухом равен $40,5^{\circ}$. Определить угол Брюстера при падении света из воздуха на поверхность этого кристалла.

484. Параллельный пучок света переходит из глицерина в стекло так, что пучок, отражённый от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол φ между падающим и преломленным лучом (рис. 124).

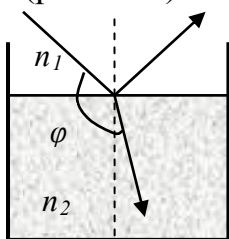


Рис. 124. К задаче 484

485. Пучок естественного света падает на полированную поверхность стеклянной пластины, погруженной в жидкость. Отраженный от пластины пучок света составляет угол $\varphi = 97^{\circ}$ с падающим пучком (рис. 125). Определить показатель преломления n жидкости, если отраженный свет полностью поляризован.

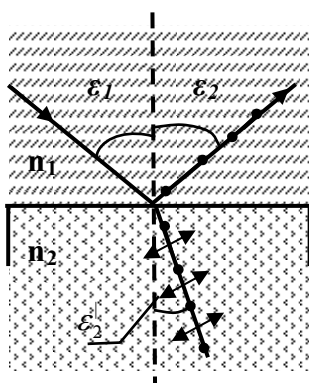


Рис. 125. К задаче 485

486. Пучок частично-поляризованного света рассматривается через николю. Первоначально николю установлен так, что его плоскость пропускания параллельна плоскости колебаний линейно-поляризованного света. При повороте николя на угол ($\varphi = 60^\circ$) интенсивность пропускаемого им света уменьшилась в $k = 2$ раза. Определить отношение I_e/I_n интенсивностей естественного и линейно-поляризованного света, составляющих данный частично-поляризованный свет, а также степень поляризации P пучка света.

487. Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, плоскости поляризации которых составляют угол 45° . Каждый николю поглощает 8% света, падающего на него (рис. 126).

488. Раствор сахара с концентрацией $0,25 \text{ г/см}^3$ толщиной 20 см поворачивает плоскость поляризации монохроматического света на $30^\circ 20'$. Другой раствор толщиной 15 см поворачивает плоскость поляризации на 20° . Определить концентрацию сахара во втором растворе.

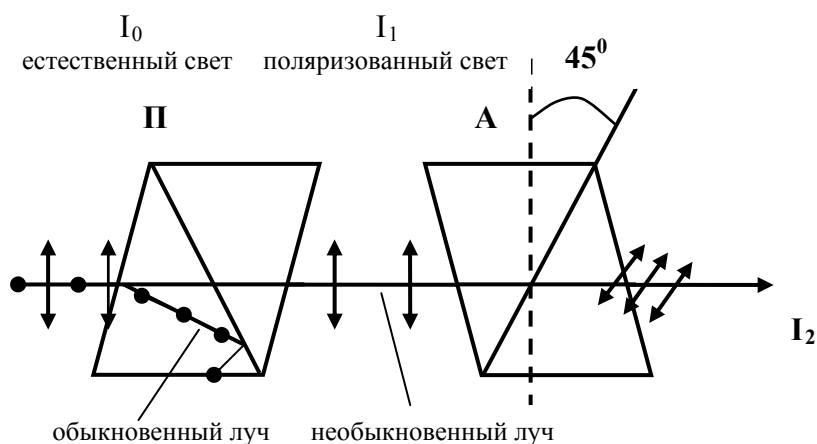


Рис. 126. К задаче 487

489. Пластинка кварца толщиной $d_1=1$ мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси кристалла, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света определенной длины волны на угол $\varphi_1=20^\circ$. Определить: 1) какова должна быть толщина d_2 кварцевой пластинки, помещенной между двумя «параллельными» николями, чтобы свет был полностью погашен; 2) какой длины l трубку с раствором сахара массовой концентрацией $C = 0,4$ кг/л надо поместить между николями для получения того же эффекта? Удельное вращение $[\alpha]$ раствора сахара равно $0,665$ град/(м·кг·м⁻³).

490. Измерение дисперсии показателя преломления оптического стекла дало $n_1 = 1,528$ для $\lambda_1 = 0,434$ мкм и $n_2 = 1,523$ для $\lambda_2 = 0,486$ мкм. Вычислить отношение групповой скорости к фазовой скорости для света с длиной волны $0,434$ мкм.

491. Показатель преломления сероуглерода для света с длинами волн 509, 534 и 589 нм равен соответственно 1,647, 1,640 и 1,630. Вычислить фазовую и групповую скорости света вблизи длины волны 534 нм.

492. В черенковском счётчике из каменной соли релятивистские протоны излучают в конусе с раствором 82° . Определить кинетическую энергию протонов. Показатель преломления каменной соли 1,54.

493. При каких значениях кинетической энергии протона будет наблюдаться черенковское излучение, если протон движется с постоянной скоростью в среде с показателем преломления 1,6?

494. Какая длина волны соответствует максимальной спектральной плотности энергетической светимости $(r_{\lambda,T})_{\max}$, равной $1,3 \cdot 10^{11}$ Вт/м³.

495. Абсолютно чёрное тело было нагрето от температуры 100°C до 300°C . Найти, во сколько раз изменилась мощность суммарного излучения при этом.

496. Максимум энергии излучения абсолютно чёрного тела приходится на длину волны 450 нм. Определить температуру и энергетическую светимость тела.

497. Определить, какую мощность необходимо подводить к медному шариком диаметром 2 см, чтобы при температуре окружающей среды -13°C поддерживать его температуру 17°C . Считать, что тепловые потери обусловлены только излучением. Поглощательная способность меди $A_T = 0,6$.

498. Имеется два абсолютно чёрных источника теплового излучения. Температура одного из них $T_1 = 2500$ К. Найти температуру другого источника, если длина волны, отвечающая максимуму его испуска-

тельной способности, на $\Delta\lambda = 0,50$ мкм больше длины волны, соответствующей максимуму испускательной способности первого источника.

499. Максимальная мощность излучения в спектре Солнца приходится на длину волны 500 нм. Принимая Солнце за чёрное тело, определить температуру его поверхности; энергию теплового излучения, падающего нормально на 1 м^2 на границе земной атмосферы (солнечную постоянную). Какое давление производит солнечное излучение на расположенную нормально к нему чёрную поверхность?

500. Диаметр вольфрамовой спирали в электрической лампочке $d = 0,3$ мм, длина спирали $l = 5$ см. При включении лампочки в сеть с напряжением $U = 127$ В через лампочку течёт ток $I = 0,31$ А. Найти температуру T спирали. Считать, что по установлении равновесия всё выделяющиеся в нити тепло теряется в результате излучения. Отношение энергетических светимостей вольфрама и абсолютно чёрного тела для данной температуры $k = 0,31$.

501. Найти температуру полностью ионизированной водородной плазмы плотностью $0,1 \text{ г/см}^3$ при которой давление теплового излучения равно газокинетическому давлению частиц плазмы. Иметь в виду, что давление теплового излучения $p = u/3$, где u – объёмная плотность энергии излучения, и что при высоких температурах вещества подчиняются уравнению состояния идеальных газов.

502. Имеются две полости с малыми отверстиями одинаковых диаметров $d = 1,0$ см и абсолютно отражающими наружными поверхностями. Расстояние между отверстиями $L = 10$ см. В первой полости поддерживается постоянная температура $T_1 = 1700$ К. Вычислить установившуюся температуру во второй полости. Иметь в виду, что абсолютно чёрное тело является косинусным излучателем.

503. Полость объёмом 1 л заполнена тепловым излучением при температуре 1000К. Найти теплоёмкость C_V ; энтропию S этого излучения.

504. С помощью формулы Планка найти мощность излучения единицы поверхности абсолютно чёрного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн $\Delta\lambda = 1,0$ нм вблизи максимума спектральной плотности излучения, при температуре тела $T = 3000$ К.

505. Эталон единицы силы света – кандела – представляет собой полный (излучающий волны всех длин) излучатель, поверхность которого площадью $0,5305 \text{ мм}^2$ имеет температуру t затвердевания платины, равную 1063^0 С. Определить мощность излучателя.

506. Чёрное тело имеет температуру 500 К. Какой будет температура тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в 5 раз?

507. Определить длину волны, на которую приходится максимум энергии излучения абсолютно чёрного тела имеющего температуру 2000 К, и спектральную плотность энергетической светимости для этой длины волны.

508. Точечный изотропный источник испускает свет с длиной волны $\lambda = 589$ нм. Световая мощность источника 10 Вт. Найти среднюю плотность потока фотонов на расстоянии $r = 2,0$ м от источника; расстояние от источника до точки, где средняя концентрация фотонов $n = 100 \text{ см}^{-3}$.

509. Лазер излучил в импульсе длительностью $\tau = 13$ мс пучок света с энергией $E = 10$ Дж. Найти среднее давление такого светового импульса, если его сфокусировать в пятнышко диаметром $d = 10$ мкм на поверхность, перпендикулярную к пучку с коэффициентом отражения $\rho = 0,50$.

510. Электромагнитное излучение с длиной волны $\lambda = 0,30$ мкм падает на фотоэлемент, находящийся в режиме насыщения. Соответствующая спектральная чувствительность фотоэлемента $J = 4,8$ мА/Вт. Найти выход фотоэлектронов, то есть число фотоэлектронов на каждый падающий фотон.

511. Красная граница фотоэффекта для цинка 310 нм. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов в электрон-вольтах. Если на цинк падает свет с длиной волны 200 нм.

512. Фотон с энергией 10 эВ падает на серебряную пластину и вызывает фотоэффект. Определить импульс полученный пластиной, если принять, что направления движения фотона и фотоэлектрона лежат на одной прямой, перпендикулярной поверхности пластины.

513. На уединенный медный шарик падает монохроматический свет, длина волны которого $\lambda = 0,1665$ мкм. До какого максимального потенциала зарядится шарик?

514. Световое давление, испытываемое зеркальной поверхностью площадью 1 см^2 , равно 10^{-6} Па. Найти длину волны света, если на поверхность каждую секунду падает $5 \cdot 10^{16}$ фотонов.

515. Давление света на зеркальную поверхность, расположенную на расстоянии 2 м от лампочки, нормально падающим лучом, равно 10^{-8} Па. Определить мощность, расходуемую на излучение.

516. Красная граница фотоэффекта для никеля равна 0,257 мкм. Найти длину волны света, падающего на никелевый электрод, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов, равной 1,5 В.

517. Определить максимальную скорость электрона, вырванного с поверхности металла γ -квантом с энергией 1,53 МэВ.

518. Имеется вакуумный фотоэлемент, один из электродов которого цезиевый, а другой – медный. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, подлетающих к медному электроду, при освещении цезиевого электрона электромагнитным излучением с длиной волны 0,22 мкм, если электроды замкнуты снаружи накоротко.

519. Фотон при эффекте Комптона на свободном электроне был рассеян на угол $\varphi = \pi/2$. Определить импульс, приобретённый электроном, если энергия фотона до рассеяния была 1,02 МэВ.

520. Угол рассеяния фотона с энергией 1,2 МэВ на свободном электроне 60° . Найти длину волны рассеянного фотона, энергию и импульс электрона отдачи. Кинетической энергией электрона до соударения пренебречь.

521. Фотон с энергией 1 МэВ рассеялся на свободном покоившемся электроне. Найти кинетическую энергию электрона отдачи, если в результате рассеяния длина волны фотона изменилась на $\eta = 25\%$.

522. Фотон с длиной волны 10^{-10} м упруго сталкивается с первоначально покоившимся электроном и рассеивается под углом $\pi/2$ к первоначальному направлению своего движения. Какую скорость приобрёл электрон после столкновения? Считать скорость электрона много меньше скорости света.

523. Рентгеновское излучение с длиной волны 1 нм рассеивается электронами, которые можно считать свободными. Определить максимальную длину волны рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

524. Мягкое рентгеновское излучение с длиной волны $5 \cdot 10^{-11}$ м испытывает комптоновское рассеяние. Определить длину волны рассеянных рентгеновских лучей в направлении $\varphi = 90^\circ$.

525. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол $\varphi = \pi/2$? Энергия фотона до рассеяния 0,51 МэВ.

526. Определить энергетическую освещённость зеркальной поверхности, если давление, производимое излучением, равно 40 мкПа. Излучение падает нормально к поверхности.

527. Давление света с длиной волны 40 нм, падающего нормально на чёрную поверхность, равно 2 нПа. Определить число фотонов, падающих за 10 с на площадь этой поверхности равной 1 мм^2 .

528. При исследовании структуры кристаллической решётки пучок электронов, имеющих одинаковую скорость v , направляется перпендикулярно поверхности кристалла вдоль оси OZ (рис. 127). После взаимодействия с кристаллом отражённые от первого слоя электроны движутся в определённых направлениях, образуя дифракционные максимумы. В плоскости OZX возникает максимум первого порядка. Чему равен пе-

риод атомной решётки исследуемого вещества вдоль оси Ox , если кинетическая энергия электронов равна 54 эВ, а первый дифракционный максимум, соответствует отражению электронов под углом $\alpha = 50^\circ$ к оси Oz в плоскости XOz ?

529. Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус – скрепленный с аппаратом лёгкий экран большой площади из тонкой плёнки, которая зеркально отражает солнечный свет. Какой должна быть площадь паруса, чтобы аппарат массой 500 кг (включая массу паруса) под действием давления солнечных лучей изменял скорость на 10 м/с за сутки? Мощность солнечного излучения падающего на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт/м^2 .

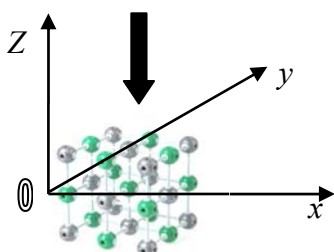


Рис. 127. К задаче 528

530. Электромагнитное излучение с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ используется для нагревания воды массой 1 кг. На сколько можно нагреть воду за 700 с, если источник излучает 10^{20} фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой.

531. Определить коэффициент отражения поверхности, если при энергетической освещённости 120 Вт/м^2 давление света на неё оказалось равным $0,5 \text{ мкПа}$.

532. Электроны, вылетающие с катода фотоэлемента с работой выхода A горизонтально в северном направлении, попадают в электрическое и магнитные поля. Электрическое поле направлено горизонтально на запад, а магнитное – вертикально вверх (рис. 128). Какой должна быть работа выхода, чтобы в момент попадания самых быстрых электронов в область полей, действующая на них сила, была направлена на запад? Частота света $6,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, напряжённость электрического поля $3 \cdot 10^2 \text{ В/м}$, индукция магнитного поля $0,001 \text{ Тл}$.

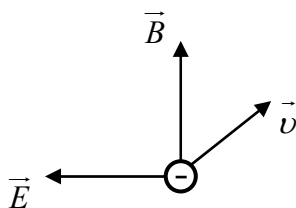


Рис. 128. К задаче 532

533. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачен воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем. Чему равен модуль напряжённости этого поля, если на пути 5 см электрон разгоняется до скорости, составляющей 10% от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать.

534. Первоначально покоившийся электрон приобрёл кинетическую энергию 0,06 МэВ в результате комптоновского рассеяния на нём γ -фотона с энергией 0,51 МэВ. Чему равен угол рассеяния фотона?

535. Фотон с энергией 250 кэВ рассеялся под углом 120° на первоначально покоившемся электроне. Определить энергию рассеянного фотона.

536. Фотон с энергией 0,15 МэВ рассеялся на свободном электроне, в результате чего его длина волны изменилась на $\Delta\lambda = 3$ пм. Найти угол, под которым вылетел комптоновский электрон.

537. Фотон с энергией 0,15 МэВ испытал рассеяние на покоившемся свободном электроне, в результате чего его длина волны увеличилась на 1,5 пм. Определите угол φ , под которым вылетел комптоновский электрон отдачи относительно направления движения падающего фотона.

538. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 662 нм падает на зеркальную поверхность и производит на нее давление 0,3 мкПа. Определите концентрацию фотонов в световом пучке.

539. Лазер, работающий в импульсном режиме, потребляет мощность 1 кВт. Длительность одного импульса 5 мкс, а число импульсов в 1 с равно 200. Найти излучаемую энергию и мощность одного импульса, если на излучение идёт 0,1% потребляемой мощности.

540. Вычислить по теории Бора радиус второй стационарной орбиты и скорость электрона на этой орбите для атома водорода.

541. Вычислить по теории Бора период вращения электрона в атоме водорода, находящегося в возбуждённом состоянии, определяемом главным квантовым числом $n = 2$.

542. Определить энергию, которую нужно дополнительно сообщить электрону, чтобы дебройлевская длина волны уменьшилась от 0,2 нм до 0,1 нм.

543. На рис. изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Экспериментально установлено. Что минимальная длина волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна 250 нм. Какова величина λ_{13} , если $\lambda_{32} = 545$ нм, $\lambda_{24} = 400$ нм?

544. Предположим, что схема энергетических уровней атомов некоего вещества представлена на рисунке (рис. 130), и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(0)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, отскочил, потеряв некоторую часть энергии. Атом при этом остался не ионизированным. Импульс электрона после столкновения оказался равным $1,2 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с. Определите импульс электрона до столкновения. Считать, что до столкновения атом покоился. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь.

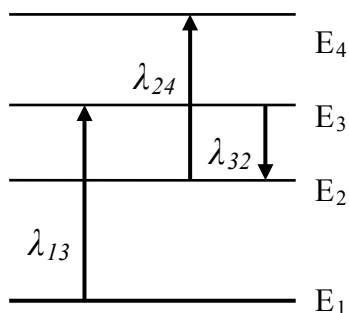


Рис. 129. К задаче 543

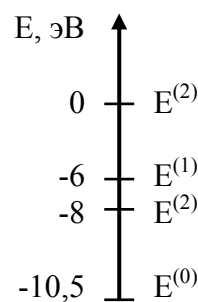


Рис. 130. К задаче 544

545. Определить наибольшие и наименьшие длины волн фотонов, излучаемых при переходе электронов в сериях Лаймана, Бальмера, Пашена.

546. При бомбардировке быстрыми электронами металлического антикатада рентгеновской трубки возникает рентгеновское тормозное излучение. Определите коротковолновую границу спектра рентгеновского излучения при скорости электронов 150000 км/с.

547. Определите, на какую орбиту с основной ($n = 1$) перейдет электрон в атоме водорода при поглощении фотона с энергией $2,46 \cdot 10^{-18}$ Дж.

548. Электрон в атоме водорода с первой орбиты переходит на орбиту, радиус которой в девять раз больше. Какую энергию ΔE должен поглотить атом?

549. На какую величину изменится потенциальная энергия электрона, переходящего в атоме водорода с первой на четвертую боровскую орбиту? Во сколько раз изменится его кинетическая энергия при обратном переходе на первую орбиту.

550. Вычислить индукцию магнитного поля в центре атома водорода, обусловленного движением электрона по первой боровской орбите.

551. Найти квантовое число n , соответствующее возбужденному состоянию иона He^+ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4 нм.

552. Найти скорость фотоэлектронов, вырываемых электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 18$ нм из ионов He^+ , которые находятся в основном состоянии и покоятся.

553. Вычислить длину волны де Бройля электрона, движущегося со скоростью $v = 0,75 \cdot c$ (c – скорость света в вакууме).

554. Определить кинетическую энергию протона и электрона, для которых длина волны де Бройля равна 0,06 нм.

555. Вычислить дебройлевские длины волн электрона, протона и атома урана 238, имеющих одинаковую кинетическую энергию 100 эВ.

556. Какой кинетической энергией должен обладать протон, чтобы длина волны де Бройля протона равнялась его комптоновской длине волны?

557. На сколько процентов к комнатной должна измениться температура идеального газа, чтобы дебройлевская длина волны его молекул уменьшилась на 20%.

558. Вычислить наиболее вероятную дебройлевскую длину волны молекул водорода, находящихся в термодинамическом равновесии при комнатной температуре.

559. Параллельный пучок моноэнергетических электронов направлен нормально на узкую щель шириной 1 мкм. На экране, находящимся на расстоянии 20 см от щели, ширина центрального дифракционного максимума составляет 48 мкм. Определить скорость этих электронов.

560. Какова должна быть кинетическая энергия протона в моноэнергетическом пучке, используемого для исследования структуры с линейными размерами $\Delta x = 10^{-13}$ см?

561. Используя соотношение неопределённостей, оценить ширину одномерного потенциального ящика, в котором минимальная энергия электрона 10 эВ.

562. Оцените наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массой 1 мг, если координаты частиц и центра шарика установлены с неопределённостью 1 мкм.

563. Среднее время жизни атома в возбуждённом состоянии равно 12 нс. Вычислить минимальную неопределённость длины волны $\lambda = 12$ мкм излучения при переходе атома в основное состояние.

564. Атом испустил фотон с длиной волны 0,55 мкм. Продолжительность излучения 10 нс. Определить наименьшую погрешность, с которой может быть измерена длина волны излучения.

565. Радиус пятой круговой орбиты электрона в атоме водорода удалось измерить с точностью – 10%: $r_5 = 13,2 \cdot 10^{-10} \text{ м} \pm 1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. С какой точностью при этом стала известна скорость электрона?

566. В бесконечно глубоком, одномерном прямоугольном потенциальном ящике шириной L находится в возбуждённом состоянии частица ($n = 3$). Определить, в каких точках интервала $0 < x < L$ плотность вероятности нахождения частицы имеет минимальное и максимальное значения.

567. В прямоугольной потенциальной яме шириной L с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < L$) находится частица в основном состоянии. Найти вероятность нахождения этой частицы в области от $0,25L$ до $0,75L$.

568. Используя соотношение неопределённостей, оценить ширину одномерного потенциального ящика, в котором минимальная энергия электрона 10 эВ.

569. Частица в потенциальной яме шириной l находится в возбуждённом состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале $0 < x < \frac{l}{4}$ на втором энергетическом уровне.

570. Частица в потенциальной яме шириной l находится в возбуждённом состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале $0 < x < \frac{l}{4}$ на втором энергетическом уровне.

571. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определите вероятность обнаружения частицы в левой трети «ямы».

572. Определить коэффициент отражения волн де Бройля на границе потенциального барьера для частицы массой 10^{-19} кг движущейся в положительном направлении оси x со скоростью 20 м/с. Частица встречает на своём пути бесконечно широкий прямоугольный барьер высотой 100 эВ.

573. Повышение температуры катода в электронной лампе от значения $T = 2000$ К на $\Delta T = 1,0$ К увеличивает ток насыщения на $\eta = 1,4\%$. Найти работу выхода электрона.

574. Во сколько раз изменится при повышении температуры от 300 до 310 К электропроводность σ собственного полупроводника, ширина запрещенной зоны которого $\Delta\varepsilon = 0,3$ эВ.

575. Энергия Ферми для лития равна $4,72$ эВ, характеристическая температура Дебая 404 К. Определить температуру, при которой теплоёмкость электронного газа будет равна теплоёмкости кристаллической решетки лития.

576. Определить вероятность заполнения электронами в металле энергетического уровня, расположенного на 44 мэВ выше уровня Ферми, при температур 30 С.

577. Граничная длина волны k -серии характеристического рентгеновского излучения некоторого элемента равна 0,1284 нм. Определить этот элемент.

578. При каком наименьшем напряжении на рентгеновской трубке с железным антикатодом появляются k -серии?

579. Определить, как изменится интенсивность узкого пучка лучей при прохождении через экран, состоящий из двух плит: алюминиевой толщиной 10 см и железной – 5 см. Коэффициент линейного ослабления для алюминия $0,1 \text{ см}^{-1}$, для железа $0,3 \text{ см}^{-1}$.

580. Рентгеновская трубка создаёт на некотором расстоянии мощность экспозиционной дозы $2,58 \cdot 10^{-5} \text{ А/кг}$. Какое число N пар ионов в единицу времени создаёт эта трубка на единицу массы воздуха при данном расстоянии?

581. Определить напряжение, под которым работает рентгеновская трубка, если коротковолновая граница λ_{min} в спектре тормозного рентгеновского излучения оказалась равной 15,5 пм.

582. Вольфрам бомбардируют быстрыми электронами. Определить длину волны $\lambda_{K\alpha}$ и энергию $\varepsilon_{K\alpha}$ фотона K_{α} -линии рентгеновского спектра, излучаемого вольфрамом.

583. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра ${}^{16}_8\text{O}$.

584. Найти энергию связи и удельную энергию связи ядра алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$.

585. При делении изотопа урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ освобождается энергия 200 МэВ, причём 84% этой энергии приобретают осколки деления. Считая, что этими осколками являются ядра бария ${}^{137}_{56}\text{Ba}$ и криптона ${}^{84}_{36}\text{Kr}$ и что импульсы их по модулю одинаковые, найти энергию осколков.

586. Вычислить энергию термоядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$.

587. Поглощается или выделяется энергия в реакции: ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} + Q$?

588. В реакции ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \gamma$ образующийся γ -квант имеет энергию 19,7 МэВ. Найти скорость α -частицы, если кинетическая энергия ядер дейтерия (${}^2_1\text{H}$) можно пренебречь.

589. Какой минимальной кинетической энергией должна обладать α -частица для протекания реакции: ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$? Ядро лития в начальный момент покоится.

590. При захвате ядра бора ${}^{11}_5\text{B}$ α -частицей образуется нейтрон. Написать уравнение реакции.

591. При бомбардировке железа ${}^{58}_{26}\text{Fe}$ нейтронами образуется β – радиоактивный изотоп марганца с атомной массой 56. Написать реакцию получения искусственного радиоактивного марганца и реакцию происходящего с ним β -распада.

592. Какую долю полной энергии, выделяющейся при распаде ядра радона ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, уносит α -частица?

593. Какова электрическая мощность атомной станции, расходующий в сутки 220 г изотопа ${}^{235}_{92}\text{U}$ и имеющей КПД 25%.

594. Во сколько раз увеличится число нейтронов в цепной ядерной реакции за 10 с, если среднее время жизни одного поколения 80 мс, а коэффициент размножения нейтронов $k = 1,002$?

595. В установках для γ -облучения в сельском хозяйстве используется β -радиоактивный изотоп цезия ${}^{137}_{55}\text{Cs}$. Написать реакцию β -распада. Найти максимальную частоту γ -излучения, если наибольшая энергия γ -квантов равна 0,66 МэВ. Вычислить релятивистскую скорость β -частиц, если их энергия 1,18 МэВ.

596. В какой элемент превращается ${}^{238}_{92}\text{U}$ после трёх α -распадов и двух β -распадов?

597. Период полураспада ${}^{60}_{27}\text{Co}$ равен примерно 5,3 года. Определить постоянную распада и среднюю продолжительность жизни атомов этого изотопа.

598. За год распалось 60% некоторого исходного радиоактивного элемента. Определить период полураспада этого элемента.

599. Период полураспада ${}^{60}_{27}\text{Co}$ равен 5,3 года. Определить, какая доля первоначального количества ядер этого изотопа распадётся через 5 лет.

600. Определить постоянную распада и число атомов радона, распавшихся в течение суток, если первоначальная масса радона 10 г. Период полураспада ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ равен 3,82 сут.

601. В урановой руде отношение числа ядер ${}^{238}\text{U}$ к числу ядер ${}^{206}\text{Pb}$ составляет $n = 2,8$. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец

^{206}Pb является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада ^{238}U равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.

602. Радиоактивные ядра A_1 испытывают превращения по цепочке $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3$ (стабильные) с соответствующими постоянными распада λ_1 и λ_2 . В начальный момент препарат содержал только ядра A_1 в количестве N_{10} . Найти закон накопления стабильных ядер A_3 .

603. Какая доля радиоактивного изотопа ^{225}Ac распадётся в течение 6 сут?

604. Активность некоторого изотопа за 10 сут уменьшилось на 20%. Определить период полураспада этого изотопа.

605. Определить массу изотопа ^{131}I , имеющего активность 37 ГБк.

606. Масса 1 г урана (^{238}U) в равновесии с продуктами его распада выделяет мощность $1,07 \cdot 10^7$ Вт. Найти молярную теплоту, выделяемую ураном за среднее время жизни урана.

607. Определить период полураспада радиоактивного изотопа, если $5/8$ начального количества ядер этого изотопа распалась за время $t = 849$ с.

608. Постоянная радиоактивного распада изотопа $\text{Pb} - 210$ равна 10^{-9} с^{-1} . Определить время, в течение которого распадется $2/5$ начального количества ядер этого радиоактивного изотопа.

609. Во сколько раз число распадов ядер радиоактивного иода ^{131}I в течение первых суток больше числа распадов в течение вторых суток? Период полураспада изотопа ^{131}I равен 193 часам.

610. Препарат активностью $1,7 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещён в медный контейнер массой 0,5 кг. На сколько повысилась температура контейнера за 1 ч, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает α -частицы энергией 5,3 МэВ? Считать, что энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Теплоёмкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

611. Пациенту внутривенно ввели некоторый объём радиоактивного раствора общей активностью 3100 распадов в секунду. Через 6 ч 20 мин активность 1 см³ крови пациента станет 0,41 распадов в секунду. Каков период полураспада радиоактивного изотопа в растворе, если общий объём крови пациента 6 л?

612. Определить начальную активность радиоактивного магния $^{27}_{12}\text{Mg}$ массой 0,2 мкг, а также активность по истечении 1 часа. Предполагается, что все атомы изотопа радиоактивны.

613. Покоящийся мезон с массой m_0 распался на два гамма-кванта. Найти импульс каждого из них.

614. Определить энергию связи ядра дейтрона. Относительные атомные массы ядра дейтрона m_D , протона m_p , нейтрона m_n , масса атома углерода m_C .

615. Определить энергию, выделяющуюся при распаде одного ядра урана, если известно, что при захвате ураном нейтрона образуются ядра бария, криптона и три нейтрона. Значения удельных энергий связи бария, криптона и урана заданы.

616. Неподвижный свободный атом радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ испытал альфа-распад с образованием изотопа радона ${}^{222}_{86}\text{Rn}$. Какую кинетическую энергию получил при этом атом радона? Масса атома радия 226,0254 а.е.м., масса атома радона 222,0175 а.е.м.

617. В процессе термоядерного синтеза ядра гелия выделяется энергия 4,2 пДж. Какая масса гелия образуется каждые 10 с на Солнце, если мощность солнечного излучения $4 \cdot 10^{20}$ МВт?

618. Радиоактивный препарат с активностью $2 \cdot 10^{12}$ Бк помещён в калориметр с водой при 27°C . Сколько времени потребуется, чтобы превратить в пар 5 г воды, если препарат испускает альфа-частицы с энергией 10 МэВ, причём вся эта энергия полностью превращается во внутреннюю энергию воды.

237. На сколько отличаются энергии связи ядер ${}^7_3\text{Li}$ и ${}^6_3\text{Li}$? Ответ выразить в МэВ.

619. Определить энергию E , которая выделяется при образовании из протонов и нейтронов ядер гелия ${}^4_2\text{He}$ массой $m = 1$ г. Масса нейтрального атома гелия $m_{\text{He}} = 4,0026$ а.е.м.

620. Покоившееся ядро полония ${}^{200}_{84}\text{Po}$ испускает α -частицу с кинетической энергией $E_\alpha = 5,8$ МэВ. Определить, какую долю η кинетической энергии α -частицы составляет энергия отдачи дочернего ядра и скорость ядра отдачи.

621. При «слиянии» двух неподвижных ядер ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ возникают быстрые нейтроны. Определить их энергию.

622. Элементарная частица пи-нуль-мезон (π^0) распадается на два γ -кванта. Найти частоту γ -излучения, если масса покоя частицы равна 264,3 массы электрона.

623. Мезон космических лучей имеет кинетическую энергию $W = 7 \cdot m_0 \cdot c^2$, где m_0 – масса покоя мезона. Во сколько раз собственное время жизни τ_0 мезона меньше его времени жизни τ по лабораторным часам?

624. π^0 -мезон, кинетическая энергия которого равна двум энергиям покоя, распадается на два γ -кванта, энергии которых равны. Каков угол между направлениями движения γ -квантов?

625. Из К-оболочки атома (К-захват) ядро нептуния ${}_{93}^{234}\text{Np}$ захватило электрон и испустило α -частицу. Определить ядро какого элемента получилось в результате этих превращений?

626. Космическое излучение на уровне моря на экваторе образует в воздухе объемом 1 см^3 в среднем 24 пары ионов за 10 с. Определить экспозиционную дозу, получаемую человеком за время 1 год.

627. Радиоактивное ядро магния ${}^{23}\text{Mg}$ выбросило позитрон и нейтрино. Определить энергию β^+ -распада ядра.

628. Ядро атома азота ${}^{13}_7\text{N}$ выбросило позитрон. Кинетическая энергия позитрона равна 1 МэВ. Пренебрегая кинетической энергией ядра отдачи, определить кинетическую энергию нейтрино, выброшенного вместе с позитроном.

629. Импульсы протонов равны 0,1, 1 и 10 ГэВ/с, где c – скорость света. Вычислить кинетические энергии этих протонов.

630. Определить массу покоя и скорость в момент образования π -мезонов, если известно, что неподвижный K^0 -мезон распадается на два заряженных π -мезона. Масса покоя K^0 -мезона равна 965 массам покоя электрона; масса каждого π -мезона возрастает в 1,77 раза по сравнению с массой покоя π -мезона.

Ответы к задачам

1. 122 км/ч; 72,2 км/ч. 2. Под углом $14,5^{\circ}$ с перпендикуляром к шоссе.

3. $\alpha = \arccos \frac{k \cdot L}{4 \cdot v'}$. 4. 64 км/ч. 5. 3,2 м/с. 6. 24 км/ч; 6 км/ч. 7. 20 м/с.

8. 2,2 м/с. 9. 1,75 с; 19,05 м. 10. 46 м. 11. 1,8 мс; $2,2 \cdot 10^5$ м/с; 284,3 м/с; 0,318 м; 40 м/с. 12. 12; 0,8 с. 13. $0,5 \text{ м/с}^2$; 0,8 с. 14. 1 м; - 4,5 м/с;

-6 м/с²; 3 м/с; -3 м/с² 15. $y = x + B \cdot x^2 / A$; $\vec{r} = A \cdot t \cdot \vec{i} + At(1+Bt) \cdot \vec{j}$;
 $v = A \cdot \sqrt{1 + (1 + 2 \cdot B \cdot t)^2}$; $a = 2 \cdot A \cdot B = \text{const}$. 16. 25 м/с; 83,3 м. 17. 19,6 м.

18. 7,77 м/с. 19. $v = 3 \cdot i \cdot A \cdot t^2 + 2 \cdot j \cdot B \cdot t$; $a = 6 \cdot i \cdot A \cdot t + 2 \cdot j \cdot B$. 20. 110 с; 490 м/с.

22. 45° . 23. 11,4 м/с; 29° . 24. 35° . 25. 25 м. 26. 3,2 м. 27. 0,2 с.

28. $\alpha = \text{arctg} \left(\frac{g + 4 \cdot a}{4 \cdot g} \right)$. 29. $l = \frac{2 \cdot v_0^2}{3 \cdot g}$. 30. 588 м/с; 2450 м. 31. $t = \frac{2 \cdot \sqrt{v_0}}{A}$;

$S = \frac{2 \cdot v_0^{3/2}}{3 \cdot A}$. 32. $a = 2 \cdot A \cdot v^2$. 34. 45° . 35. 12 м/с. 36. 0,79 м. 37. 4° . 38. 463 м/с;

259 м/с; $3,37 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$; $1,88 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$. 39. $a = 3 \cdot \alpha \cdot t \cdot R \cdot \sqrt{4 \cdot \alpha \cdot t \cdot R + 9 \cdot \alpha^2 \cdot t^6}$.

40. 40 м/с^2 ; $1,56^{\circ}$. 41. 1 см. 42. 7,8 Н. 43. 50 Н. 44. 800 кг.

45. $x = m \cdot g \cdot \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)$, $k = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$; $x = \frac{m \cdot g}{k_1 + k_2}$, $k = k_1 + k_2$. 46. 1. 47. 0,8 Н.

48. $a_1 = a_2 = a = \frac{\alpha \cdot t}{m_1 + m_2}$ нпу $t \leq t_0 = \frac{k \cdot m_2 \cdot g \cdot (m_1 + m_2)}{\alpha \cdot m_1}$;

$a_1 = \frac{k \cdot m_2 \cdot g}{m_1}$, $a_2 = \frac{\alpha \cdot t - k \cdot m_2 \cdot g}{m_2}$ нпу $t > t_0 = \frac{k \cdot m_2 \cdot g \cdot (m_1 + m_2)}{\alpha \cdot m_1}$. 49. 0,2. 50. Тела

будут покоиться. 51. $m \leq \frac{\mu \cdot M}{1 - 2 \cdot \mu} = 0,4 \text{ кг}$. 52. $\mu = \frac{m_2 \cdot \sin \beta - m_1 \cdot \sin \alpha}{m_1 \cdot \cos \alpha + m_2 \cdot \cos \beta}$.

53. 4 кг. 54. $\approx 60,2^{\circ}$. 55. 12 об/с. 56. $T = \frac{4m_1 m_2 m_3}{m_1 m_3 + 4m_1 m_2 + m_3 m_2} g$;

$a_1 = \frac{m_1 m_3 + 4m_1 m_2 - 3m_2 m_3}{m_1 m_3 + 4m_1 m_2 + m_2 m_3} g$; $a_2 = \frac{-3m_1 m_3 + 4m_1 m_2 + m_2 m_3}{m_1 m_3 + 4m_1 m_2 + m_2 m_3} g$; $a_3 = \frac{m_1 m_3 - 4m_1 m_2 + m_2 m_3}{m_1 m_3 + 4m_1 m_2 + m_2 m_3} g$.

57. 1,04 Н. 58. $S = 0,71R$. 59. $n \leq \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{g}{l \cdot \cos \alpha}}$. 60. $t = \frac{h \cdot \left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v_0} \right)}{\ln \left(\frac{v_0}{v} \right)}$.

61. $11,6 \text{ м/с}^2$. 62. 760 м/с. 63. $v = v_2 = \frac{v_0}{3}$. 64. 0,216 м. 65. 81,8 м.

66. $F = m \cdot g \cdot \left(\frac{2 \cdot (h - R \cdot (1 + \sin \alpha))}{R} - \sin \alpha \right)$; $\alpha = \arcsin \alpha \left[\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{h}{R} - 1 \right) \right]$.

67. 2,7 м. 68. 600 м. 69. 2 м. 70. 1/3. 71. $\alpha = \arccos\left(1 - \frac{2}{gl} \left(\frac{mv_0^2}{m+M}\right)\right)$.
72. $h = \frac{1}{2g} \left(\frac{mv_0}{M+m} \cos \alpha\right)^2$. 73. $\cos \beta = \frac{v_1 \cdot v_2 \cdot \cos \alpha}{u_1 \cdot u_2}$. 74. $T_1=400$ Дж., $T_2=29,6$ Дж.,
 $T=370$ Дж., 92,6%. 75. $h = \frac{R}{\left(\frac{2 \cdot g \cdot R}{v_0^2}\right) - 1}$. 76. 42,2 км/с. 77. 3. 78. 6,33 км/с.
79. 255 суток. 80. 4. 81. $1,44 \cdot 10^{-3}$ кг·м². 82. $4,19 \cdot 10^2$ кг·м². 83. 0,31. 84. $1,97$ м/с².
85. 1 м/с. 86. $\frac{2 \cdot \pi}{3}$. 87. 355 Дж. 88. $t = \frac{3 R \omega}{4 g \mu}$. 89. 111 м. 90. $2,8 \cdot 10^8$ м/с.
91. 198000 км/с. 92. 0,995·с. 93. 0,1%. 94. $2,88 \cdot 10^8$ м/с. 95. $0,551 \cdot m_0 \cdot c^2$.
96. $v(t) = \frac{F \cdot t / m}{\sqrt{1 + (F \cdot t / m \cdot c)^2}}$. 97. $A = 0,245 \cdot m \cdot c^2$. 98. 7,9 г. 99. 1,4 см. 100. 5 мм.
101. 0,47 Н. 102. 2,5 с. 103. 2 К. 104. 10. 105. 0,415. 106. $1,12$ кЗ/м³.
107. 0,010 Па. 108. 5 см. 109. $P = \frac{P_1 \cdot V_1 + P_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$. 110. 0,48 кг/м³. 111. 0,75 кг/м³.
112. 3,7 г. 113. $4,4 \cdot 10^6$ Па. 114. $\frac{P_1 \cdot V_1 + P_2 \cdot V_2 + P_3 \cdot V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$. 115. $0,4 \cdot 10^5$ Па. 116. 0,15 МН;
0,29 МН. 117. $8 \cdot 10^{-3}$ кг. 118. $8,28 \cdot 10^{-21}$ Дж; $1,3 \cdot 10^{-21}$ Дж; $16,6 \cdot 10^{-21}$ Дж. 119. $1,37 \cdot 10^7$.
120. $6 \cdot 10^9$. 121. 4220 м. 122. $7 \cdot 10^{-3}$. 123. $1,21 \cdot 10^{-21}$. 124. $1,4 \cdot 10^{26}$.
125. 19 мкПа·с. 126. 13,3 нс. 127. $\eta_1 / \eta_2 = 1,25$. 128. 0,54 мН·м. 129. 4,8 г.
130. 70 К. 131. 25 т. 132. 7500 Па. 133. -7479 Дж. 134. 44 г. 135. 60 К. 136. 4%.
137. 0,032 кг/моль; 650 Дж/кг·К; 910 Дж/кг·К. 138. 417 Дж/кг·К. 139. 1,51.
140. 400 Дж. 141. 6,62 кДж. 142. 754 К; 674 Дж. 143. 6 кДж; 15 кДж.
144. 1000 Дж. 145. 95 кПа. 146. 76 К. 147. 297 К. 148. Температура уменьшилась
в $\frac{6}{7}$ раза; давление уменьшилось в $\frac{3}{7}$ раза. 149. 900 кПа. 150. 37,5%. 151.
41,55 кДж. 152. 12,5 кДж. 153. 1,375. 154. 2,4. 155. 28 кДж. 156. 0,17. 157. 0,1.
158. -240 Дж. 159. 3. 160. 10,3 Н. 161. $896 \cdot 10^{-6}$ Дж. 162. $73,6 \cdot 10^{-3}$ Н/м.
163. 2,45 Дж/К. 164. 457 Дж/К. 165. 22394 Дж. 166. 154 Дж. 167. -75^0 С.
168. 294,8 Дж. 169. 419 кДж. 170. 2,85 Дж/К. 171. 2,45 Дж/К. 172. $T_2 = \frac{5}{3} \cdot T_1$.
173. 1 м. 174. 0,2. 175. 3,77 см. 176. 118 ГПа. 177. 0,5 м. 178. 33,2 мН/м.
179. 1,22 кг. 180. 5 см. 181. 20 нКл; 140 нКл. 182. 90 нКл; -10 нКл.
183. 1,6 г. 184. $q = \frac{q_1 \cdot r_1^2}{r^2} \cdot \sqrt{2 \cdot (1 + \cos \alpha)}$. 185. 2550 кг/м³. 186. - 2,23 нКл.
187. Отрицательный; $9,55 \cdot 10^{-8}$ Кл. 188. 7,45 нКл; 3 мН.
189. $E = \frac{k}{r^2} \cdot \sqrt{q_1^2 + q_2^2 - q_1 \cdot q_2}$. 190. 2656 В/м. 191. 1,27 мкН. 192. $2,8 \cdot 10^{-8}$ Н.

- 193.** 540 мкН. **194.** 0,45 мкН. **195.** $F = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q_0 \tau}{R}$. **196.** $F = \frac{\sigma \cdot q_0}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \left[1 - \frac{z}{\sqrt{R^2 + z^2}} \right]$.
197. 480 В/м; -40 В. **198.** 5,65 В. **199.** $F = -\frac{3 \cdot p^2}{32 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot h^4}$. **200.** $\vec{P} = \frac{\epsilon - 1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \frac{q}{r^3} \cdot \vec{r}$;
 $q_{\text{связ}} = -\frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \cdot q$. **201.** 1,5 кДж. **202.** $q = -Q \cdot \frac{r}{R}$. **204.** 1 кВ.
205. $E_1 = -113 \text{ В/м}$; $E_2 = 0$; $E_3 = 113 \text{ В/м}$. **206.** 250 кВ/м. **207.** 282 в/м, направлен к плоскости. **208.** 3,03 мкКл/м. **209.** $2,4 \cdot 10^5 \text{ м/с}$. **210.** 196 мкДж. **211.** 1,5.
212. 0,15 В. **213.** $W = 6 \cdot \frac{k \cdot q^2}{a}$; $A = \frac{5}{12} \cdot \frac{q^2}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot a}$. **214.** $Q = \sqrt{W_1 \cdot W_2} - \frac{W_1 + W_2}{2}$.
216. -500 В/м; 500,5 В/м; 0. **217.** 1,4 В/м. **218.** 5 мН. **219.** $U_1 = \frac{C_2 \cdot \epsilon}{C_1 + C_2}$,
 $U_2 = \frac{C_1 \cdot \epsilon}{C_1 + C_2}$. **220.** Параллельное соединение: 0,605 Дж, 1,21 Дж, 1,81 Дж. Последовательное соединение: 0,18 Дж, 0,09 Дж, 0,06 Дж. **221.** 5/6.
222. $P = \frac{4 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot V^2}{\rho \cdot (R_2 - R_1)}$. **223.** 2. **224.** 12 мкДж. **225.** $F_x = \frac{\epsilon_0 \cdot (\epsilon - 1) \cdot \pi \cdot R \cdot \Delta \varphi}{2}$.
226. 50 мкКл. **227.** 5 см. **228.** $\Delta C = 4,42 \text{ пФ}$; $\Delta W = -295 \text{ нДж}$. **229.** $2 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$.
230. 200. **231.** 48 Кл; 12 А. **232.** 60 мКл. **233.** 1927 К. **234.** 2157 С.
235. $\Delta T = \frac{(m \cdot v^2)^2 \cdot R}{4 \cdot k \cdot e \cdot C}$. **236.** $v_0 = \sqrt{-\frac{2 \cdot k \cdot e \cdot Q \cdot (2 \cdot R - l)^2}{m \cdot l \cdot R \cdot (l - R)}}$. **237.** $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$.
238. 120 Вт. **239.** 1 м/с. **240.** 12 Дж. **241.** 60 мкДж. **242.** 8,16 Вт. **243.** 3,86 С.
244. 1,32 Ом. **245.** 4,5 Вт. **246.** $I_1 \approx 1,112 \cdot I_2$. **247.** 80%. **248.** В $\frac{243}{242}$ раза.
249. 20 А. **250.** 1 А. **251.** 3,4 Ом. **252.** 1,36 кДж; 764,6 Дж; 637,2 Дж.
253. 105,5 Ом. **254.** 1,49 мА. **255.** 4,5 мм². **256.** 193 Вт.
257. $q = \frac{C \cdot R_4 \cdot [\epsilon_1 \cdot R_3 + (\epsilon_1 + \epsilon_2) \cdot R_2]}{R_2 \cdot R_3 + (R_1 + R_4) \cdot (R_2 + R_3)}$. **258.** $4,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. **259.** 134 кДж.
260. 4,7 мкм/с. **261.** 2,6. **262.** 0,1 мкА. **263.** $2 \cdot 10^7$. **264.** $2,5 \cdot 10^{-19} \text{ м}^{-1}$. **265.** 1,5 А.
266. 8,7 см³. **267.** 8036 К. **268.** $2,08 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$. **269.** $12,8 \cdot 10^5 \text{ м}^{-3}$. **270.** 2/5 А.
271. 0,5. **272.** $1,8 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$. **273.** 46,4 мкТл. **274.** 37,7 мкТл. **275.** $1,52 \text{ нА} \cdot \text{м}^2$;
251 нКл/кг. **276.** 50 А/м. **277.** $2,8 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$. **278.** 11 мкТл. **279.** 0,922.
280. $8,2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$. **281.** 346 мкТл. **282.** 1,144. **283.** $7,55 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$. **284.** $1,25 \cdot 10^{-23} \text{ Тл}$.
285. $0,632 \text{ пА} \cdot \text{м}^2$. **286.** 42,8 мкТл. **287.** 4 А. **288.** 3,96 мкН. **289.** 20 мН.
290. 414 мкТл. **291.** 22,8 мкТл. **292.** 3,64 рад/с. **293.** 0,33 Дж.
294. $B = \frac{m \cdot g}{n \cdot \pi \cdot R \cdot I}$. **295.** $T = B \cdot I \cdot R$. **296.** $\frac{7}{3} \text{ м}$. **297.** 1,32 с. **298.** $74 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$.
299. 0,15 мКл. **300.** $6,67 \cdot 10^3 \text{ кг}$. **301.** $320,4 \cdot 10^{27} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$. **302.** 3. **303.** $r/2$.

- 304.** $R = 1 \text{ см}, h = 11 \text{ см}$. **305.** $2,21 \text{ мкВ}$. **306.** $3,44 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. **307.** $8 \cdot 10^{10} \text{ Кл/кг}$.
308. 2 нКл/кг . **309.** 2 мкКл/кг . **310.** $0,013 \text{ Гн}$. **311.** $0,2 \text{ В}$. **312.** 8 м/с^2 . **313.** $1,89 \text{ А}$.
314. $0,2 \text{ м}$. **315.** $I = \frac{B \cdot a \cdot v}{R}$. **316.** $0,08 \text{ Кл}$. **317.** $2,95 \text{ мВт}$. **318.** $0,18 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$.
319. $I = \frac{\alpha \cdot v \cdot r \cdot S}{2 \cdot \rho}$. **320.** $0,393 \text{ В}$. **321.** $2,396 \text{ мГн}$. **322.** $0,044 \text{ Кл}$.
323. $\varepsilon = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot a \cdot b \cdot V}{2 \cdot \pi \cdot x \cdot (x+b)}$. **324.** $L = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{4} + \ln \frac{R_2}{R_1} \right)$. **325.** $P = \frac{\mu_0 \cdot I^2}{8 \cdot \pi^2 \cdot R^2}$. **326.** 1 Тл .
327. $v = g \cdot t$. **328.** -20 с^{-1} . **329.** $9,6 \text{ А/м}$. **330.** $1,6 \text{ В}$. **331.** 1 Гн . **332.** 2 кДж/м^3 .
333. $1,6 \text{ мТл}$. **334.** $A = \frac{\chi \cdot B^2}{2 \cdot \mu_0} \cdot V$. **335.** $B_1 = B \cdot \sqrt{\cos^2 \alpha + \mu^2 \sin^2 \alpha}$. **336.** 200 мА .
337. 100 А . **338.** $6,2 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$. **339.** $0,2 \text{ А}$. **340.** $2,09 \text{ А}$. **341.** $1,2 \text{ мТл}; 66 \text{ А/м}$.
342. $0,5 \text{ Гн}$. **343.** 161 МОм . **344.** $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ А}$. **345.** $1,1 \cdot 10^5 \text{ В/(м} \cdot \text{с)}$. **346.** $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ А/м}^2$.
347. $j_{\text{см}} = -\varepsilon_0 \cdot A \cdot r \ (r < R); j_{\text{см}} = \frac{\varepsilon_0 \cdot A \cdot R^2}{r} \ (r > R); j_{\text{см}} = \varepsilon_0 \cdot A \cdot R \ (r = R)$.
348. $A = 0,32 \text{ м}, v_{\text{max}} = 2 \text{ м/с}, a_{\text{max}} = 12,6 \text{ м/с}^2$. **349.** $A = 4,6 \text{ м}; \alpha = 62^\circ 46'$.
350. $T = 2\pi \sqrt{\frac{(3/4)mR^2}{2kR^2}} = \pi \sqrt{\frac{3m}{2k}}$. **351.** 2 м . **352.** $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g \cdot \cos \alpha}}$.
353. $x(t) = 4,5e^{-0,4t} \cos \frac{\pi}{2} t, x_2 = 0,91 \text{ см}$. **354.** $t = 0,21 \text{ с}; 0,411 \text{ рад}$. **355.** $2,24 \text{ см};$
 $0,159 \text{ Гц}; 0,353 \pi \text{ рад}; x = \sqrt{5} \cdot \cos(t + 0,353\pi) \text{ см}$. **356.** 50 Гц . **357.** $0,09$. **358.** 10^5 Дж .
359. $5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$. **360.** $0,6 \text{ мДж}$. **361.** $6 \cdot 10^4 \text{ м}$. **362.** $0,1 \text{ мкВб}$. **363.** $0,013 \text{ Гн}$.
364. $5,1 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$. **365.** 15 В . **366.** $38,7 \text{ мА}$. **367.** $t_0 = \frac{2 \cdot Q}{\omega} \cdot \ln(n)$. **368.** $3,6 \text{ мс}$.
369. $0,15 \text{ мФ}$. **370.** $5 \cdot 10^{-15}$. **371.** $0,393 \text{ В}$. **372.** 4 . **373.** 5 . **374.** 16 . **375.** $1,02$.
376. 2 мс . **377.** $0,018$. **378.** $13,6 \text{ м/с}$. **379.** $4,98 \text{ Гц}$. **380.** $1,88 \text{ Дж}$. **381.** $2,396 \text{ мГн}$.
382. $6,5 \text{ кДж}$. **383.** $\frac{j}{j_{\text{см}}} = \frac{\sigma}{2 \cdot \pi \cdot v \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}$. **384.** $\frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{эл}}} = \frac{1}{8} \cdot \varepsilon_0 \cdot \omega^2 \cdot R^2 \cdot \mu_0$. **385.** $26,5 \text{ мА/м}$.
386. 16 Вт/м^2 . **387.** $3,25 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}$. **388.** $0,25 \text{ мкВт/м}^2$. **389.** 300 км . **390.** $9,98 \text{ Гц}$.
391. $4,5 \text{ А}, -1^0$. **392.** 72 Вт . **393.** $\Delta\varphi = 0$. **394.** $\frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{эл}}} = \frac{L}{C \cdot R^2}$. **395.** $101,1 \text{ Вт}$.
396. $\Phi_{\text{ср}} = \frac{1}{2} \cdot U_0 \cdot I_0 \cdot \cos \varphi$. **397.** 110 витков . **398.** 36 . **399.** $4,5 \text{ Ом}$. **400.** -50 м .
401. $26,5 \text{ мА/м}$. **402.** $0,071 \text{ Вт}$. **403.** $0,011 \text{ Вт}$. **404.** $3,4 \text{ м}$. **405.** $47,4^0$; не зависит от
толщины стенок и сорта стекла. **406.** 74^0 . **407.** $0,67; 42^0$. **408.** $R = \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}}$.
409. $h = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{n_0}{\alpha} - R \right)$. **410.** $8,1 \text{ см}$. **411.** $9,69 \text{ мм}$. **412.** $1,5$. **413.** $0,4 \text{ м}$.
414. $0,1 \text{ м}$. **415.** $-12 \text{ см}; 0,8 \text{ см}$. **416.** $2,16 \cdot 10^8 \text{ м/с}; 1,38$. **417.** $61 \text{ см}; 5 \text{ см}$.

418. $37,6^\circ$. **419.** При $\Delta h \ll h$, $h = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{n_0}{\alpha} - R \right)$. **420.** 12,5 см. **421.** 15° . **422.** 8,86 см.
423. $\frac{2}{3} \cdot R$. **424.** 7,5 см; 1,5 см. **425.** В случае собирающей линзы мнимое, прямое и
увеличенное в 2 раза изображение предмета на расстоянии 20 см от линзы; в случае
рассеивающей линзы мнимое, прямое и уменьшенное в 1,5 раза изображение пред-
мета на расстоянии 6,6 см от линзы. **426.** 0,72 м. **427.** 15 см. **428.** 28° ; 24° . **429.**
2 м; 0,33 м. **430.** 0,25 м; $\frac{1}{9}$ м; 0,2 м. **431.** 0,025 м. **432.** 2,5 см. **433.** 2,5 м.
434. 210 лк. **435.** 1 м; 0,7 м. **436.** 8,3 лм. **437.** 0,6 м. **438.** 83 лк. **439.** 20 см.
440. 2 см. **441.** $9,7 \text{ см}^2$. **442.** $d = \lambda$. **443.** 0,5 м. **444.** $M = \frac{2 \cdot \pi \cdot L_0}{3}$. **445.** $E = \pi \cdot L$.
446. $m = 10$, максимум. **447.** $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\lambda = n + \frac{1}{4}$, где $n = 0, 1, 2, \dots$ **448.** 0,33 мкм.
449. 5 см^{-1} . **450.** 0,48 мм. **451.** 1,000377. **452.** 590 нм. **453.** 21° . **454.** 0,5 мкм;
 $m = 4$. **455.** $18 \cdot 10^{-3}$ мм. **456.** 2 м. **457.** $5 \cdot 10^{-7}$ м. **458.** 1,34. **459.** 50 м. **460.** $k = 5$,
светлый. **461.** 89 нм. **462.** 1,4 мм. **463.** 0,6 мкм. **464.** 0,375 мкм. **465.** 491;
2,46 мм. **466.** 9. **467.** 585 нм. **468.** 800; 3. **469.** 0,56 м. **470.** 4,58 мкм; $2,18 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$;
17; $73,9^\circ$. **471.** 4,95 мкм; $2,02 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$; 19; $65,4^\circ$. **472.** 0,383 мкм. **473.** $\varphi_1 = 5,7^\circ$;
 $\varphi_3 = 17,45^\circ$; $\varphi_5 = 30^\circ$. **474.** 11 см. **475.** Не перекрываются. **476.** В спектрах с поряд-
ком $m \geq 3$. **477.** 10^3 штрихов/мм. **478.** $2,5 \cdot 10^3$ м/с. **479.** 97 км/с. **480.** 167 м. **481.**
0,28 нм. **482.** 3,5 см. **483.** 57° . **484.** $178,85^\circ$. **485.** 1,33. **486.** $I_e/I_n = 1$; $P = \frac{1}{2}$.
487. 4,7. **488.** $0,22 \text{ г/см}^3$. **489.** 4,5 мм; 3,8 дм. **490.** 0,973. **491.** $1,83 \cdot 10^8$ м/с;
 $1,70 \cdot 10^8$ м/с. **492.** 902,9 МэВ. **493.** 267,68 МэВ. **494.** 183 мкм. **495.** Возрастает в
5,6 раза. **496.** 6422 К; $9,6 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$. **497.** 0,107 Вт. **498.** 1,75 кК. **499.** 5796 К;
 $3,9 \cdot 10^{26}$ Вт; $1,37 \text{ кВт/м}^2$; 4,57 мкПа. **500.** 2208 К. **501.** $1,88 \cdot 10^7$ К. **502.** 380,132 К.
503. $3,02 \cdot 10^{-9}$ Дж/К; $1,01 \cdot 10^{-9}$ Дж/К. **504.** $3,12 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$. **505.** 95,8 мВт. **506.** 748 К.
507. 1,45 мкм; $4,13 \cdot 10^{11} \text{ Вт/м}^3$. **508.** $5,89 \cdot 10^{17} \text{ штук/м}^2 \cdot \text{с}$; 8,87 м. **509.** $4,897 \cdot 10^6$ Па.
510. 0,02. **511.** 2,2 эВ. **512.** $1,24 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. **513.** 2,97 В. **514.** $6,63 \cdot 10^{-7}$ м.
515. 75,4 Вт. **516.** 0,196 мкм. **517.** $2,8 \cdot 10^8$ м/с. **518.** $6,14 \cdot 10^5$ м/с.
519. $5,74 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. **520.** $2,25 \cdot 10^{-12}$ м; $1,04 \cdot 10^{-13}$ Дж; $5,56 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.
521. $2 \cdot 10^5$ эВ. **522.** $8,54 \cdot 10^6$ м/с. **523.** 1,005 нм. **524.** $5,22 \cdot 10^{-11}$ нм. **525.** 61%.
526. 6000 Вт/м^2 . **527.** $1,21 \cdot 10^{12}$ фотонов. **528.** $2,17 \cdot 10^{-10}$ м. **529.** 6336 м^2 .
530. 10 К. **531.** 0,25. **532.** 2,43 эВ. **533.** 51,2 кВ/м. **534.** 30° .
535. $2,31 \cdot 10^{-14}$ Дж. **536.** $31,26^\circ$. **537.** 49° . **538.** $5 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$. **539.** 5 мДж; 1 кВт.
540. $1,09 \cdot 10^6$ м/с. **541.** $1,25 \cdot 10^{-15}$ с. **542.** 113 эВ. **543.** $\lambda \approx 300$ нм.
544. $1,42 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. **545.** 0,122 мкм, 0,091 мкм; 0,656 мкм, 0,365 мкм; 1,88 мкм,
0,82 мкм. **546.** $1,56 \cdot 10^{-11}$ м. **547.** 3. **548.** $1,91 \cdot 10^{-18}$ Дж. **549.** 25,4 эВ; увеличится
в 16 раз. **550.** 12,517 Тл. **551.** 5. **552.** $2,261 \cdot 10^6$ м/с. **553.** $2,14 \cdot 10^{-12}$ м. **554.** 419 эВ;
0,23 эВ. **555.** 123 пм; 2,86 пм; 0,186 пм. **556.** 389 МэВ.

- 557.** 108 К. **558.** $8,933 \cdot 10^{-11}$ м. **559.** 6,06 Мм/с. **560.** 20,8 МэВ. **561.** $6,2 \cdot 10^{-11}$ м.
562. $1 \cdot 10^4$ см/с; 10 см/с; $1 \cdot 10^{-20}$ см/с. **563.** $6,4 \cdot 10^{-16}$ м. **564.** $1,6 \cdot 10^{-14}$ м.
565. $\frac{\Delta v_x}{v_x} = 2,5$. **566.** В точках $x = 0; L/3; 2L/3; L$ функция $|\psi(x)|^2$ минимальна и
равна 0. В точках $x = L/6; L/2; 5L/6$ функция максимальна и равна C^2 . **567.** 0,818.
568. $6,2 \cdot 10^{-11}$ м. **569.** $\frac{1}{4}$. **570.** $\frac{1}{4}$. **571.** 0,195. **572.** 0,146. **573.** $7,13 \cdot 10^{-19}$ Дж.
574. $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 1,21$. **575.** 4,8 К. **576.** $f(E) = 0,136$. **577.** Кобальт. **578.** 6408 В.
579. Уменьшится в 12 раз. **580.** $1,61 \cdot 10^{14}$ с⁻¹·кг⁻¹. **581.** 79,8 кВ. **582.** 22,8 пм;
54,4 кэВ. **583.** 8 МэВ. **584.** 8,3 МэВ/нуклон. **585.** 64 МэВ; 104 МэВ.
586. 17,6 МэВ. **587.** -2,78 МэВ, реакция эндотермическая, идёт с поглощением
энергии. **588.** $13 \cdot 10^6$ м/с. **589.** 4,4 МэВ. **592.** α -частица уносит около 98% выделив-
шейся в реакции энергии. **593.** 53 МВт. **594.** В 1,284 раза.
595. $2,7 \cdot 10^8$ м/с. **596.** ${}^{226}_{88}\text{Ra}$. **597.** 0,13 год⁻¹; 7,7 лет. **598.** 0,76 года. **599.** 48%.
600. $4,3 \cdot 10^{21}$ атомов, 0,181 сут⁻¹. **601.** $1,98 \cdot 10^9$ лет.
602. $N_3(t) = N_{10} \cdot \left(\frac{1 + \lambda_1 \cdot e^{-\lambda_2 \cdot t} - \lambda_2 \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t}}{\lambda_2 - \lambda_1} \right)$. **603.** 34% атомов распадётся. **604.** 31 сут.
605. 8 мг. **606.** $5,8 \cdot 10^7$ Дж·моль/г. **607.** 20 мин. **608.** 16,176 лет. **609.** 1,09.
610. 2,7 К. **611.** 19 часов. **612.** 89 ГБК. **613.** $P_\gamma = 0,5 \cdot m_0 \cdot c$. **614.** 2,2 МэВ.
615. 200 МэВ. **616.** 0,01 пДж. **617.** $2,5 \cdot 10^{14}$ кг. **618.** $4,1 \cdot 10^4$ с. **619.** $4,26 \cdot 10^{24}$ МэВ.
620. $3,4 \cdot 10^5$ м/с. **621.** 5,3 МэВ. **622.** $1,63 \cdot 10^{22}$ Гц. **623.** 8. **624.** 40^0 . **625.** ${}^{230}_{90}\text{Th}$.
626. 9,41 мкКл/кг. **627.** 3,05 МэВ. **628.** 0,2 МэВ. **629.** $5,301 \cdot 10^6$ эВ; $4,323 \cdot 10^8$ эВ;
 $9,104 \cdot 10^9$ эВ. **630.** $2,79 \cdot 10^8$ м/с.

Приложение

1. Латинский и греческий алфавиты

ЛАТИНСКИЙ АЛФАВИТ			
A a	а	N n	эн
B b	бэ	O o	о
C c	цэ	P p	пэ
D d	дэ	Q q	ку
E e	е	R r	эр
F f	эф	S s	эс
G g	жэ	T t	тэ
H h	аш	U u	у
I i	и	V v	вэ
J j	жи (йот)	W w	дубль-вэ
K k	ка	X x	икс
L l	эль	Y y	игрек
M m	эм	Z z	зет

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ			
A α	альфа	N ν	ню (ни)
B β	бета	Ξ ξ	кси
Γ γ	гамма	Ο ο	омикрон
Δ δ	дельта	Π π	пи
Ε ε	эпсилон	Ρ ρ	ро
Z ζ	дзета	Σ σ	сигма
Η η	эта	Τ τ	тау
Θ θ	тета	Υ υ	ипсилон
Ι ι	йота	Φ φ	фи
Κ κ	каппа	Χ χ	хи
Λ λ	лямбда	Ψ ψ	пси
Μ μ	мю (ми)	Ω ω	омега

2. 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) $(1 \pm a) \cdot (1 \pm b) \cdot (1 \pm c) = 1 \pm a \pm b \pm c$; | 2) $\sqrt{1 \pm a} = 1 \pm \frac{a}{2}$; |
| 3) $(1 \pm a)^n = 1 \pm n \cdot a$; | 4) $\frac{1}{(1 \pm a)^n} = 1 \pm a \cdot n$; |
| 5) $\frac{1}{(1 \pm a)} = 1 \pm a$; | 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:

$$\frac{1}{1 \pm a} = 1 \pm a; \quad \sqrt{1 \pm a} = 1 \pm \frac{1}{2}a; \quad e^a = 1 + a;$$

$$(1 \pm a)^2 = 1 \pm 2a; \quad \frac{1}{\sqrt{1 \pm a}} = 1 \pm \frac{1}{2}a; \quad \ln(1 + a) = a.$$

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.

3. Некоторые сведения из математики

Правила действия со степенями и корнями

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$$

$$a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m$$

$$a^n = \frac{1}{a^{-n}}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$$

$$\sqrt[n]{a \cdot b} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$$

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$$

$$1 / \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \sqrt[n]{\frac{b}{a}}$$

Разность квадратов

Квадрат двучлена

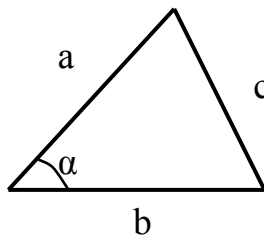
Формула корней квадратного уравнения $ax^2 + bx + c = 0$

$$a^2 - b^2 = (a - b) \cdot (a + b)$$

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

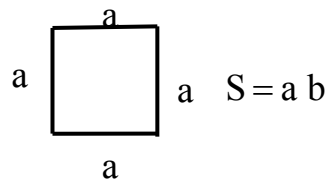
$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Площадь треугольника



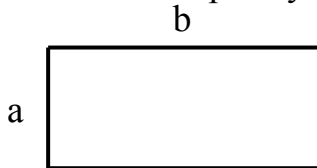
$$S = \frac{a \cdot b}{2} \sin \alpha$$

Площадь квадрата



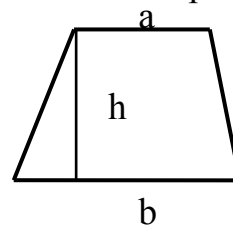
$$S = a \cdot b$$

Площадь прямоугольника



$$S = a \cdot b$$

Площадь трапеции



$$S = \frac{a+b}{2} h$$

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	$V = \frac{1}{3}\pi R^2 H$

Основные производные

$y = u + v - w$	$y' = u' + v' - w'$
$y = u \cdot v$	$y' = u' \cdot v + u \cdot v'$
$y = \frac{u}{v}$	$y' = \frac{u' \cdot v - u \cdot v'}{v^2}$
$y = const$	$y' = 0$
$y = Ax$	$y' = A, \text{ где } A - const$
$y = x^n$	$y' = nx^{n-1}$
$y = \sin x$	$y' = \cos x$
$y = \sin Ax$	$y' = A \cos Ax, A - const$
$y = \cos x$	$y' = -\sin x$
$y = \cos Ax$	$y' = -A \sin Ax$
$y = a^x$	$y' = a^x \ln a$
$y = \operatorname{tg} x$	$y' = 1 / \cos^2 x$

Некоторые интегралы

$$\int x^m \cdot dx = \frac{x^{m+1}}{m+1}, \quad m = const \neq -1$$

$$\int \frac{dx}{x} = \ln x$$

$$\int \frac{dx}{x^2} = \int x^{-2} \cdot dx = -\frac{1}{x}$$

$$\int \sin x \cdot dx = -\cos x$$

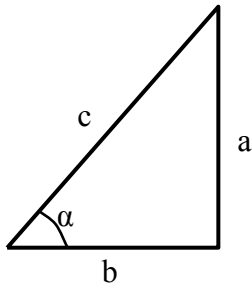
$$\int \cos x \cdot dx = \sin x$$

$$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x$$

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x$$

$$\int \frac{dx}{\sin x} = \ln \left(\operatorname{tg} \frac{x}{2} \right)$$

Тригонометрические функции острого угла



$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$$

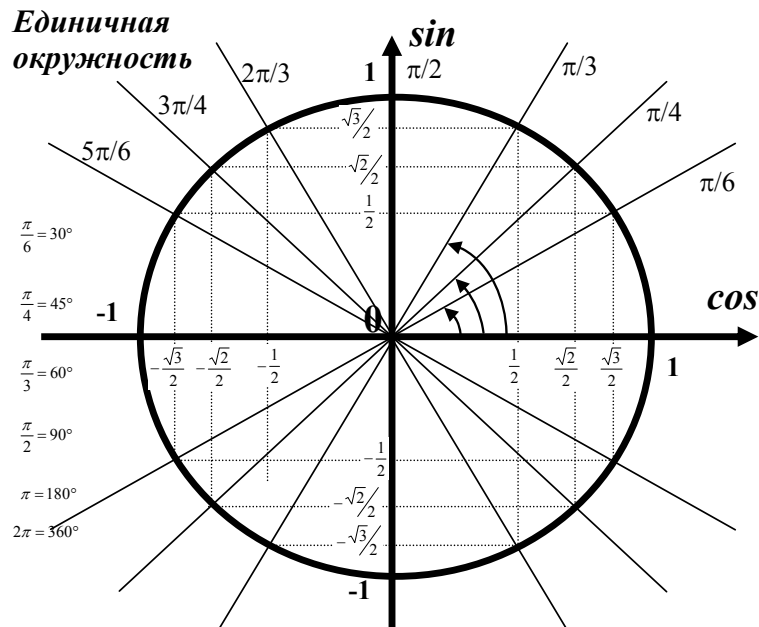
Теорема Пифагора

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Теорема косинусов

$$a^2 = c^2 + b^2 - 2cb \cos \alpha$$

α , рад	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3}{2}\pi$	2π
α°	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	Не сущ.	0	Не сущ.	0
$\operatorname{ctg} \alpha$	Не сущ.	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0	Не сущ.	0	Не сущ.



Основные тригонометрические тождества

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 1 / \operatorname{ctg} \alpha$$

$$1 + \cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha$$

$$1 - \cos 2\alpha = 2 \sin^2 \alpha$$

$$1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2 \alpha}$$

$$1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha = 1 / \sin^2 \alpha$$

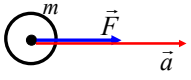
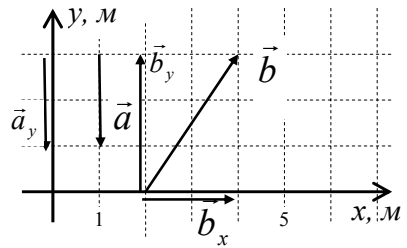
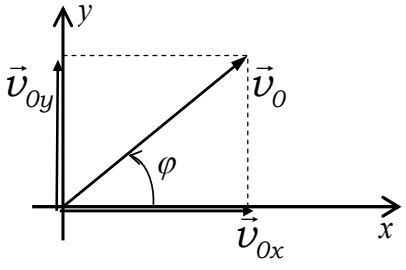
Формулы приведения

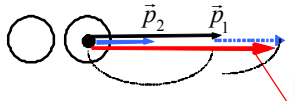
α	$\alpha + (\pi/2)$	$\alpha + \pi$	$\alpha + (3\pi/2)$	$(\pi/2) - \alpha$	$\pi - \alpha$	$(3\pi/2) - \alpha$
sin	cos α	-sin α	-cos α	cos α	sin α	-cos α
cos	-sin α	-cos α	sin α	sin α	-cos α	-sin α
tg	-ctg α	tg α	-ctg α	ctg α	-tg α	ctg α
ctg	-tg α	ctg α	-tg α	tg α	-ctg α	tg α

Тригонометрические функции двойного аргумента

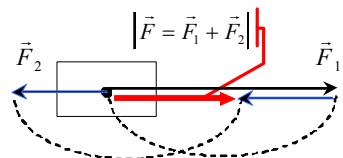
$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha; \quad \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha; \quad \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

Действия над векторами

Действия над векторами	Проекции вектора на оси координат	
<p>1. Умножение вектора на число</p> <p>Произведение вектора \vec{a} на число k есть вектор \vec{b} направленный в ту же сторону и имеющий длину в k раз больше (меньше).</p> <p>Например: $\vec{F} = m\vec{a}$</p> 		$\vec{a}_x = 0;$ $\vec{a}_y = 1 - 3 = -2 \text{ м};$ $\vec{b}_x = 4 - 2 = 2 \text{ м};$ $\vec{b}_y = 3 - 0 = 3 \text{ м}.$
<p>2. Сложение векторов</p> <p><u>Основное правило:</u> К концу первого вектора прикладывается начало второго, к концу второго начало третьего и т.д.; затем соединяется начало первого вектора с концом последнего – это и есть искомая сумма.</p> <p>1. Вектора направлены в одну сторону</p>		$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \varphi$ $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \varphi$
		$mg_x =$ $mg \cdot \sin \alpha$ $mg_y =$

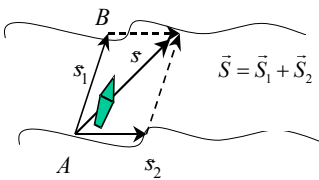


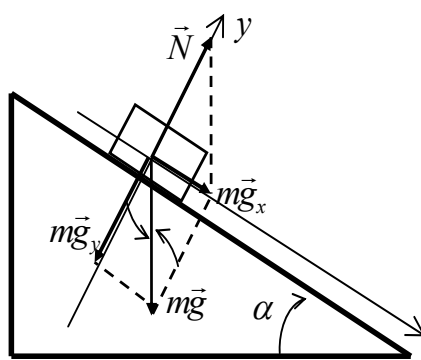
Вектора направлены в противоположные стороны

$$\vec{p}' = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$


Вектора направлены под углом друг к другу

Правило параллелограмма
(из двух векторов достраивается параллелограмм и проводится диагональ)





$mg \cdot \cos \alpha$

3. Вычитание векторов

Чтобы из вектора \vec{a} вычесть вектор \vec{b} , нужно к вектору \vec{a} прибавить вектор $-\vec{b}$. $\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$

4. 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

5. 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
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}

6. 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	$8,31 Дж / (моль \cdot К)$
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	$1,38 \cdot 10^{-23} Дж / К$
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	$5,67 \cdot 10^{-8} Вт / (м^2 \cdot К^4)$
Постоянная закона смещения Вина	b	$2,90 \cdot 10^{-3} м \cdot К$
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	$0,927 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2$
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} (13,6 \text{ эВ})$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
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		$1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

7. Некоторые внесистемные единицы физических величин

1 год = 365,25 сут = $3,16 \cdot 10^7$ с	1 мм. рт. ст. = 133,3 Па.
1 сут = 86400 с	1 атм. = 760 мм. рт. ст. $\approx 10^5$ Па
$1^\circ = 1,75 \cdot 10^{-2}$ рад.	$1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ м. (ангстрем)
$1' = 2,91 \cdot 10^{-4}$ рад.	1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.
$1'' = 4,85 \cdot 10^{-6}$ рад.	1 кал = 4,19 Дж
	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг (Рентген)
1 л.с. = 736 Вт	1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг

Нормальные условия: давление 10^5 Па, температура 0°C .

8. Данные о Земле, Луне и Солнце Земля

Радиус	$6,378164 \cdot 10^6$ м
Средняя плотность	$5,518 \cdot 10^3$ кг/м ³
Масса	$5,976 \cdot 10^{24}$ кг
Ускорение свободного падения у поверхности	9,81 м/с ²
На широте 45°	9,8 м/с ²
На экваторе	9,78 м/с ²
На полюсе	9,83 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	$1,49598 \cdot 10^{11}$ м
Наибольшая высота суши над уровнем океана (гора Джомолунгма (Эверест))	8882 м
Наибольшая глубина Мирового океана (Марианская впадина, Тихий океан)	11500 м

Луна

Радиус	$1,737 \cdot 10^6$ м
Средняя плотность	$3,33 \cdot 10^3$ кг/м ³
Масса	$7,35 \cdot 10^{22}$ кг
Ускорение свободного падения у поверхности	1,62 м/с ²
Среднее расстояние до Луны	$3,844 \cdot 10^8$ м

Солнце

Радиус	$6,9599 \cdot 10^8$ м
Средняя плотность	$1,41 \cdot 10^3$ кг/м ³
Масса	$1,989 \cdot 10^{30}$ кг
Ускорение свободного падения	274 м/с ²

9. 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	

10. 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 ⁰ С	1	Масло подсолнечное	0,92
Керосин, спирт	0,8	Молоко	1,05

11. Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м^3
Водород	0,09
Воздух	1,29
Гелий	0,18
Кислород	1,43

12. 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

13. Удельная теплоемкость $\text{кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$

Твердые тела	
Алюминий	0,88
Лед	2,1
Медь	0,38
Олово	0,23
Свинец	0,13
Серебро	0,23
Сталь	0,46
Жидкости	
Вода	4,19
Ртуть	0,12
Спирт	2,4
Газы (при постоянном давлении)	
Водород	14,3
Воздух	1,01
Гелий	5,29
Кислород	0,913

14. Удельная теплота парообразования кДж / (кг·К)

Вещество	
Вода	2,3
Ртуть	0,29
Спирт	0,85

**15. Температура конденсации некоторых газов °С
(при нормальном давлении)**

Вещество	
Азот	-195
Водород	-253
Гелий	-269
Кислород	-183

**16. 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

17. Удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг

Бензин	46	Порох	3,8
Дерево	10	Спирт	29
Дизельное топливо	42	Топливо для реактивных самолетов	
Каменный уголь	29	Условное топливо	43
Керосин	46		29

18. Удельная теплота плавления кДж / (кг·К)

Вещество	
Алюминий	380
Лед	330
Медь	180
Олово	59
Свинец	25
Серебро	87
Сталь	82

**19. Удельная теплота парообразования кДж / (кг·К)
(при нормальном давлении)**

Вещество	
Вода	2,3
Ртуть	0,29
Спирт	0,85

**20. 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

21. Психрометрическая таблица

Показания сухого пси- хромметра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	33	17	—	—	—	—	—
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	50	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

22. 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

23. Подвижность ионов в газах, $m^2 B \cdot c$

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	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$

24. 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

25. 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		

26. 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		

27. 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		

28. 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

29. Энергия ионизации (эВ)

Водород	13,6	Литий	75,6
Гелий	24,6	Ртуть	10,4


30. 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

31. 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
Углерод	6	^{10}C	10,00168
		^{12}C	12,00000
		^{13}C	13,00335
		^{14}C	14,00324
Азот	7	^{13}N	13,00574
		^{14}N	14,00307
		^{15}N	15,00011
Кислород	8	^{16}O	15,99491
		^{17}O	16,99913
		^{18}O	17,99916
Фтор	9	^{19}F	18,99840
Натрий	11	^{22}Na	21,99444
		^{23}Na	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

32. Таблица Менделеева

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																																																																																																																																																																																																													
 Периодический закон открыт Д. И. МЕНДЕЛЕЕВЫМ в 1869 году																																																																																																																																																																																																													
VIII																																																																																																																																																																																																													
VII (H)																																																																																																																																																																																																													
VI																																																																																																																																																																																																													
V																																																																																																																																																																																																													
IV																																																																																																																																																																																																													
III																																																																																																																																																																																																													
II																																																																																																																																																																																																													
I																																																																																																																																																																																																													
1	H 1.00794(7) ВОДОРОД	2	He 4.002602(2) ГЕЛИЙ	3	Li 6.941(2) ЛИТИЙ	4	Be 9.012182(3) БЕРИЛЛИЙ	5	B 10.811(5) БОР	6	C 12.011(1) УГЛЕРОД	7	N 14.00674(7) АЗОТ	8	O 15.9994(3) КИСЛОРОД	9	F 18.9984032(9) ФТОР	10	Ne 20.1797(6) НЕОН	11	Na 22.98976928(6) НАТРИЙ	12	Mg 24.3050(6) МАГНИЙ	13	Al 26.9815385(3) АЛЮМИНИЙ	14	Si 28.0855(3) КРЕМНИЙ	15	P 30.973762(4) ФOSФОР	16	S 32.065(6) СЕРА	17	Cl 35.4527(9) ХЛОР	18	Ar 39.948(1) АРГОН	19	K 39.0983(1) КАЛИЙ	20	Ca 40.078(4) КАЛЬЦИЙ	21	Sc 44.955910(9) СКАНДИЙ	22	Ti 47.88(3) ТИТАН	23	V 50.9415(1) ВАНАДИЙ	24	Cr 51.9961(6) ХРОМ	25	Mn 54.93805(1) МАРГАНЕЦ	26	Fe 55.847(3) ЖЕЛЕЗО	27	Co 58.93320(1) КОБАЛЬТ	28	Ni 58.69(1) НИКЕЛЬ	29	Cu 63.546(3) МЕДЬ	30	Zn 65.39(2) ЦИНК	31	Ga 69.723(4) ГАЛЛИЙ	32	Ge 72.61(2) ГЕРМАНИЙ	33	As 74.92159(2) Мышььяк	34	Se 78.96(3) СЕЛЕН	35	Br 79.904(1) БРОМ	36	Kr 83.80(1) КРИПТОН	37	Rb 85.4678(3) РУБИДИЙ	38	Sr 87.62(1) СТРОНЦИЙ	39	Y 88.90585(2) ИТРИЙ	40	Zr 91.224(2) ЦИРКОНИЙ	41	Nb 92.90638(2) НИОБИЙ	42	Mo 95.94(1) МОЛИБДЕН	43	Tc 97.9072 ТЕХНЕЦИЙ	44	Ru 101.07(2) РУДИЙ	45	Rh 102.90550(3) РОДИЙ	46	Pd 106.42(1) ПАЛЛАДИЙ	47	Ag 107.8682(2) СЕРЕБРО	48	Cd 112.411(8) КАДМИЙ	49	In 114.82(1) ИНДИЙ	50	Sn 118.710(7) ОЛОВО	51	Sb 121.75(3) СВУРЬМА	52	Te 127.60(3) ТЕЛЛУР	53	I 126.90447(3) ИОД	54	Xe 131.29(2) КСЕНОН	55	Cs 132.90543(5) ЦЕЗИЙ	56	Ba 137.327(7) БАРИЙ	57	La-Lu * ЛАНТАНОИДЫ	58	Ce 140.115(4) ЦЕРИЙ	59	Pr 140.90765(3) ПРАЗЕОДИЙ	60	Nd 144.24(3) НЕОДИЙ	61	Pm 144.9127 ПРОМЕТИЙ	62	Sm 150.36(3) САМАРИЙ	63	Eu 151.961(9) ЕВРОПИЙ	64	Gd 157.25(3) ГАДОЛИНИЙ	65	Tb 158.92534(3) ТЕРБИЙ	66	Dy 162.50(3) ДИСПРОЗИЙ	67	Ho 164.93032(3) ГОЛЬМИЙ	68	Er 167.26(3) ЭРБИЙ	69	Tm 168.93421(3) ТУЛИЙ	70	Yb 173.04(3) ИТТЕРБИЙ	71	Lu 174.967(1) ЛУЦИЙ	72	Hf 178.49(2) ГАФНИЙ	73	Ta 180.9479(1) ТАНТАЛ	74	W 183.85(3) ВОЛЬФРАМ	75	Re 186.207(1) РЕНИЙ	76	Os 190.2(1) ОСМИЙ	77	Pt 192.22(3) ПЛАТИНА	78	Pt 195.08(3) ПЛАТИНА	79	Au 196.96654(3) ЗОЛОТО	80	Hg 200.59(3) РУТУТЬ	81	Tl 204.3833(2) ТАЛАН	82	Pb 207.2(1) СВИНЕЦ	83	Bi 208.98037(3) ВАСМУТ	84	Po 208.9824 ПОЛОНИЙ	85	At 209.9871 АСТАТ	86	Rn 222.0176 РАДОН	87	Fr 223.0197 ФРАНЦИЙ	88	Ra 226.0254 РАДИЙ	89	Ac 227.0278 АКТИИЙ	90	Th 232.0381(1) ТОРИЙ	91	Pa 231.03588(2) ПРОТАКТИНИЙ	92	U 238.02891(1) УРАН	93	Np 237.0482 НЕПУНИЙ	94	Pu 244.0642 ПУТОНИЙ	95	Am 243.0614 АМЕРИЦИЙ	96	Cm 247.0703 КУРНИЙ	97	Bk 247.0703 БЕРКИЙ	98	Cf 244.0387 КАЛИФОРНИЙ	99	Es 252.083 ЭЙЗЕНШТЕЙНИЙ	100	Fm 257.051 ФЕРМИЙ	101	Md 258.10 МЕНДЕЛЕВИЙ	102	No 259.1009 НОБЕЛИЙ	103	Lr 260.105 ЛОУРЕНСИЙ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов Б.Ф. Физика. Способы и методы поиска решения задач / Б.Ф. Абросимов. – М.: Изд-во «Экзамен», 2006. – 287 с.
2. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения: пособие для учителей / В.А. Балаш – М.: Просвещение, 1974. – 430 с.
3. Барков Ю.А. Сборник задач по общей физике / Ю.А. Барков, О.М. Зверев, А.В. Перминов. – Пермь, 2011. – 457с.
4. Беликов Б.С. Решение задач по физике. Общие методы / Б.С. Беликов. – М.: Высшая школа, 1986. – 256 с.
5. Богдан В.И. Практикум по методике решения физических задач / В.И. Богдан, В.А. Бондарь, Д.П. Кульбицкий, В.Я. Яковенко. – Минск: Высшэйшая школа, 1983. – 242 с.
6. Брушлинский А. В. Субъект: мышление, учение, воображение. Избранные психологические труды / А.В. Брушлинский – М.: Институт практической психологии; Воронеж: НПО Модэк, 1996 – 392с.
7. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики / В. С. Волькенштейн. – М.: Наука, 1985. – 381 с.
8. Гельфгат И.М. 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями / И.М. Гельфгат, Л.Э. Генденштейн, Л.А. Кирик. – М.: Илекса, 2005. – 352 с.
9. Гладкова Р.А. Задачи и вопросы по физике: Учебное пособие для ссузов / Р.А. Гладкова, Ф.С. Цодиков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 284с.
10. Гладской В.М. Сборник задач по физике с решениями: Пособие для втузов / В.М. Гладской, П.И. Самойленко – М.: Дрофа, 2004. – 288с.
11. Гринченко Б.И. Как решать задачи по физике (Школьный курс физики в задачах) [Текст] / Б.И. Гринченко. – Санкт – Петербург, НПО «Мир и семья – 95», 1998. – 784с.
12. Демков В.П. Физика. Теория. Методика. Задачи / В.П. Демков, О.Н. Третьякова. – М.: Высшая школа, 2001. – 669с.
13. Игрупполо В.С. Физика: алгоритмы, задачи, решения: Пособие для всех, кто изучает и преподаёт физику / В.С. Игрупполо, Н.В. Вязников – М.: Илекса, Ставрополь: Сервисшкола, 2002. – 592 с.
14. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: Учебное пособие для вузов. – 3-е из. перераб. / И.Е. Иродов. – М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 1998. – 448с.
15. Исаков А.Я. Практикум по элементарной физике. Часть 7. Физическая оптика. Атомная и ядерная физика / А.Я. Исаков. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011. – 224 с.

16. Каменецкий, С. Е. Методика решения задач по физике в средней школе / С.Е. Каменецкий, В.П. Орехов – М. Просвещение, 1987. – 336 с.
17. Касаткина И. Л. Репетитор по физике. Т.1 / И.Л. Касаткина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 893 с.
18. Касаткина И. Л. Репетитор по физике. Т.2 / И.Л. Касаткина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 890 с.
19. Кесаманлы Ф.П. Самостоятельная работа студентов при решении задач по физике: Методические указания / Ф.П. Кесаманлы, В.М. Коликова – Ленинград, 1987. – 32с.
20. Кириллов В.М. Решение задач по физике / В.М. Кириллов, В.А. Давыдов, А.А. Задерновский и др. – М.: КомКнига, 2006. – 248с.
21. Красин М.С. Система эвристических приёмов решения задач по физике: теория методика, примеры : учебно-методическое пособие / М.С. Красин. – Калуга: Калужский государственный педагогический университет им. К.Э. Циолковского, 2005. – 148 с.
22. Материалы ЕГЭ, часть С. – 2002 – 2011.
23. Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении / А.М. Матюшкин. – М.: Педагогика, 1972. – 196 с.
24. Мясников С.П. Пособие по физике / С.П. Мясников, Т.Н. Осанова. – М.: Высшая школа, 1988. – 399 с.
25. Одинцова В.И. Физика. Практический курс подготовки к экзаменам, зачётам / В.И. Одинцова, Н.Е. Кургаева. – М.: ЗАО «РОСМЭН-ПРЕСС», 2006. – 228 с.
26. Парфентьева Н. Решение задач по физике. Часть I. / Н. Парфентьева, М. Фомина. – М.: Высшая школа, 1993. – 216 с.
27. Парфентьева Н. Решение задач по физике. Часть II. / Н. Парфентьева, М. Фомина. – М.: Высшая школа, 1993. – 206с.
28. Пойя Дж. Математическое открытие. Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание / Д. Пойя – М., Наука, 1970. – 452 с.
29. Полицинский Е.В. 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 политехнического университета, 2009 – 2010. – 483 с.
30. Полицинский Е.В. Обучение школьников решению физических задач на основе деятельностного подхода: дис. к. пед. н. / Е.В. Полицинский. – Томск, 2007. – 190 с.
31. Полицинский Е.В. Физика. Руководство к выполнению контрольных работ и индивидуальных домашних заданий: учебно-

- методическое пособие / Е.В. Полицинский, А.В. Градобоев. – Томск: Изд-во РауШ мбХ, 2010. – 194 с.
32. Рогачева С. С. Общая физика: задачи и их решение. Оптика (учебное пособие) / С.С. Рогачёва – Изд-во ЮТИ ТПУ, 2007 – 200 с.
 33. Рымкевич А.П. Физика. Задачник. 9 – 11 кл.: учеб. пособие для общеобразоват. учеб. заведений – М.: Дрофа, 1997. – 208 с.
 34. Скаков М.К. Физика: учебное пособие / М.К. Скаков, Е.В. Полицинский, А.В. Градобоев, А.Е. Жакупова. - ВКГТУ – Усть – Каменогорск, 2013. – 174с.
 35. Тихомиров Ю.В. Физика. Части 1 и 2.: пособие для поступающих в высшие технические заведения и учащихся выпускных классов школ / Ю.В. Тихомиров. – РИО МГТУГА, 1997.
 36. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., испр. / Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова – М.: Высшая школа, 2001. – 591 с.
 37. Трофимова Т.И. Справочник по физике для студентов и абитуриентов / Т.И. Трофимова. – М.: Астрель: АСТ, 2001. – 399с.
 38. Трубецкова С.В. Физика. Вопросы – ответы. Задачи – решения. Часть 7,8. Колебания и волны. Геометрическая оптика / С.В. Трубецкова. – М.: Физматлит, 2005. – 304с.
 39. Тюрин Ю.И. Физика: Сборник задач. Часть II. Электричество и магнетизм: Учебное пособие / Ю.И. Тюрин, В.В. Ларионов, И.П. Чернов. – Томск, 2004. – 448с.
 40. Тюрин Ю.И. Физика: Сборник задач. Часть III. Оптика. Атомная и ядерная физика: Учебное пособие / Ю.И. Тюрин, В.В. Ларионов, И.П. Чернов. – Томск, 2004. – 256с.
 41. Усова А.В. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики / А.В. Усова, А.А. Бобров. – М.: Просвещение, 1988. – 112 с.
 42. Чернов И.П. Физика: Сборник задач. Часть I. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика: Учебное пособие / И.П. Чернов, В.В. Ларионов, Ю.И. Тюрин. – Томск, 2004 – 390с.
 43. Чертов А. Г. Задачник по физике / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – М.: Высшая школа, 1988 – 527 с.
 44. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплинам ФИЗИКА и КСЕ / Е.В. Полицинский, Е.П. Теслева, Э.Г. Соболева – ЮТИ ТПУ, 2013. – 202 Мб.
 45. Юфанова И.А. Элементы управления мыслительной деятельностью учащихся при решении задач по физике в средней школе: автореф. дис. к. пед. н. / И.А. Юфанова. – М., 1974. – 26 с.

Учебное издание

ПОЛИЦИНСКИЙ Евгений Валериевич

**ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ.
РУКОВОДСТВО К ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

Учебно-методическое пособие

Научный редактор кандидат физико-математических наук,
доцент Э.Г. Соболева

Редактор *Т.В. Казанцева*
Компьютерная вёрстка *Е.В. Полицинский*
Дизайн обложки *Т.В. Буланова*


**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 15.04.2014. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл.печ.л.13,84. Уч.-изд.л. 12,52.
Заказ 160-14 Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru