

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общей и прикладной физики

*Методические указания к самостоятельной работе по физике
для студентов Морской академии МГТУ, обучающихся по специальности
26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов
морской инфраструктуры*

Часть 1. "Механика. Молекулярная физика и термодинамика"

Мурманск
2019

Составитель – Анна Владимировна Михайлюк, к. ф. н., доцент кафедры общей и прикладной физики Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой 11 сентября 2019 г., протокол № 1

Рецензент – В. С. Гнатюк, д. ф. н., профессор, заведующий кафедрой общей и прикладной физики Мурманского государственного технического университета

© Мурманский государственный
технический университет, 2019
© А. В. Михайлюк, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ | 5 |
| ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН | 12 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 13 |
| СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ | 16 |
| РАЗДЕЛ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ | 16 |
| <i>Введение</i> | <i>16</i> |
| <i>Тема 1. Элементы кинематики материальной точки.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Тема 2. Динамика материальной точки. Закон сохранения импульса</i> | <i>19</i> |
| <i>Тема 3. Работа и энергия. Закон сохранения энергии.....</i> | <i>21</i> |
| <i>Тема 4. Закон всемирного тяготения. Силы инерции</i> | <i>23</i> |
| <i>Тема 5. Динамика вращательного движения твердого тела</i> | <i>24</i> |
| <i>Тема 6. Основы релятивистской механики. Принцип относительности</i> | <i>26</i> |
| <i>Тема 7. Элементы механики жидкости и газов.....</i> | <i>27</i> |
| РАЗДЕЛ 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА | 29 |
| <i>Тема 8. Кинетическая теория газов. Законы идеальных газов</i> | <i>29</i> |
| <i>Тема 9. Классические статистические распределения.....</i> | <i>30</i> |
| <i>Тема 10. Элементы неравновесной термодинамики. Кинетические явления</i> | <i>32</i> |
| <i>Тема 11. Основы термодинамики. Внутренняя энергия.....</i> | <i>34</i> |
| <i>Тема 12. Начала термодинамики. Энтропия</i> | <i>35</i> |
| <i>Тема 13. Реальные газы и пары. Фазовые равновесия и фазовые переходы</i> | <i>37</i> |
| <i>Тема 14. Жидкости и твердые тела</i> | <i>38</i> |
| ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ | 40 |
| КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛУ "ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ" | 40 |
| КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛАМ "МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА" | 42 |
| ВОПРОСЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА ПО РАЗДЕЛАМ "МЕХАНИКА, МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА" | 44 |
| ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 46 |

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для оказания помощи студентам, обучающимся по направлению 26.03.02

Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры, в формировании умений и навыков самостоятельной работы при изучении курса физики.

Курс физики имеет особое значение, поскольку физика, изучающая наиболее общие свойства различных видов материи и формы ее существования, лежит в основе всех наук о природе, и ее методы исследования широко используются этими науками. В результате изучения курса должна быть сформирована целостная система знаний, лежащая в основе физической картины окружающего мира.

В совокупности с другими дисциплинами естественнонаучного цикла курс физики формирует определенное представление о процессах и явлениях, происходящих в неживой и живой природе, умение видеть естественнонаучное содержание проблем, возникающих в будущей практической деятельности.

Учебная программа предусматривает последовательное изучение разделов физики, как классическая механика, молекулярная физика, термодинамика, электромагнетизм и волновая оптика, по которым инженер должен иметь систематические знания и уметь применять их для решения задач различной степени сложности.

Вместе с тем изложение ряда разделов курса – физики микромира (квантовой механики), физики высоких скоростей (специальной теории относительности), элементов общей теории относительности и физики атомного ядра – носит в основном информационный характер. Несмотря на отсутствие достаточной строгости и доказательности при изложении материал этих разделов имеет большую общеобразовательную ценность. Обучающийся должен иметь четкое представление о происхождении и эволюции Вселенной; о том, что развитие механики и электродинамики привело к радикальному изменению представлений о свойствах пространства и времени; о том, что ядра атомов имеют сложную структуру и состояния, описываемые законами квантовой механики; о том, что для описания микромира классический подход оказывается неприемлемым – необходим принципиально новый подход, определяющий не положение, скорость и ускорение частиц, а их квантовые состояния.

Общая трудоемкость дисциплины физики для направления 26.03.02 *Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры*, составляет 9 зачетных единиц, 324 часов. Особое

значение имеет самостоятельная работа обучающихся, приобретение навыков самостоятельного решения задач, работы с литературой различной сложности. На самостоятельные занятия отводится значительная часть часов учебного плана, и это время должно быть использовано для систематической работы, контролируемой преподавателями.

Курс физики изучают в течение первых трех семестров. В первом семестре студенты проходят такие разделы, как "Физические основы механики", "Молекулярная физика и термодинамика". Во втором - "Электричество и магнетизм". В третьем - "Колебания и волны", "Оптика", "Атомная и ядерная физика".

Основными формами контроля знаний являются промежуточные тесты, контрольные и расчетно-графические работы, собеседования во время практических занятий и консультаций, при выполнении и сдаче лабораторных работ, а также зачет с оценкой в конце первого и третьего и экзамен в конце второго учебных семестров.

Чтобы получить зачет, или успешно сдать экзамен, необходимо выполнить учебную программу и усвоить все вопросы теоретического курса, которые приведены в конце данных методических указаний.

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Одним из основных источников знаний по физике являются лекции¹. На лекциях излагаются фундаментальные, устоявшиеся знания, являющиеся основой для изучения не только курса физики в целом, но и других учебных дисциплин, в том числе специальных. Более глубокое усвоение учебного материала обеспечивают самостоятельная проработка рекомендованных лектором учебных пособий.

Студенту необходимо так организовать свою работу, чтобы на каждой лекции получить максимум полезных знаний – после каждой лекции в его тетради должен остаться конспект ее основного содержания, который будет служить опорой при самостоятельной работе по учебным пособиям при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, а также к зачету, или экзамену.

¹ При разработке данных методических указаний автор использовал работу В. С. Гнатюка и А. М. Панкова "Руководство для курсантов МВИМУ по организации самостоятельной работы по физике" (Мурманск, 1988).

Навыки ведения конспекта вырабатываются постепенно. Запись лекции не должна быть дословной. Необходимо выделять ее основные моменты. Рекомендуется усвоить приведенные ниже общие правила и следовать им:

1. Лекции по физике надо записывать в отдельных тетрадях, оставляя слева широкие поля для дополнительного материала из учебных пособий и справочников.

2. Лекцию нужно записывать с самого начала, так как зачастую начало лекции является ключом ко всей теме. Необходимо записывать тему и подзаголовки лекции.

3. Записывать лекции нужно по возможности сжато, но без ущерба для ясности изложения материала. Если не удалось полностью записать важное положение, факт, вывод, надо оставить свободное место, чтобы можно было восполнить пропущенное.

4. Конспект лекций должен быть аккуратно оформлен. От этого в значительной мере зависит зрительное восприятие и запоминание материала. Между строками следует оставлять пространство – в этом случае легче воспринимается написанное, в памяти остается зрительный образ. Отдельные положения, формулировки, цитаты, которые необходимо запомнить, желательно выделять из общего текста в отдельные абзацы.

5. После лекции, пока в памяти свежи ее детали, нужно уточнить в конспекте по рекомендованным учебным пособиям значения терминов и определения понятий, заучить формулировки и решить одну-две задачи по теме лекции из рекомендованного задачника.

6. К прослушиванию лекций следует готовиться. Перед каждой лекцией обязательно нужно просматривать свои записи.

7. Хранить конспект лекций необходимо до конца изучения курса физики.

Методические указания к самостоятельной работе с учебниками и учебными пособиями

Умению работать с учебной, а тем более с научно-технической литературой нужно целенаправленно учиться. Предлагаем несколько практических советов общего характера:

1. Читать учебную литературу нужно "про себя", а не вслух: это позволяет лучше концентрировать внимание.

2. Чтобы лучше усвоить прочитанное, надо поставить перед собой цель не только понять материал, но и надолго запомнить его. Нужно стараться не механически запоминать читаемое, а обдумывать, связывать и сравнивать его с уже известными вам фактами и делать соответствующие выводы.

3. Повторение прочитанного способствует закреплению материала в памяти. Но делать это лучше не сразу по окончании первого чтения, а через некоторый промежуток времени. Проверять усвоение материала нужно путем воспроизведения, не заглядывая в книгу.

4. Записи лучше делать не в процессе чтения, а по его окончании. Различают три вида записей: конспект – краткое изложение материала своими словами, тезисы – кратко сформулированные основные положения темы, план – схема расположения материала, перечень затрагиваемых вопросов в последовательном порядке.

При изучении конкретного раздела курса физики желательно использовать один учебник или учебное пособие (или ограниченное их число), чтобы не утратить логическую связь между изучаемыми вопросами. Только для более глубокого изучения той или иной темы следует обращаться к другим учебникам или пособиям, рекомендованной дополнительной литературе.

Методические указания к практическим занятиям

Решение задач по физике способствует более глубокому усвоению этого курса. Физические законы представляют собой математическое описание явлений природы. Знание этих законов предполагает умение не только формулировать их, но и применять в конкретных случаях при решении задач.

Самостоятельно решить задачу не всегда удастся. Для решения определенных групп задач необходимо знание специальных методов и приемов. В некоторых случаях таких приемов не существует и решающее значение (кроме знания теории) имеет аналитическое мышление, т. е. умение рассуждать. "Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают мышление и укрепляют волю"². Этим двум аспектам на практических занятиях не всегда есть возможность

² Савельев И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике. М., 1982. С.7.

уделить должное внимание из-за ограниченности аудиторного времени. Поэтому студентам необходимо использовать учебные пособия по курсу общей физики и задачки [1]–[29], в которых приводится необходимый теоретический и справочный материал, краткий перечень формул и законов, методические указания к решению задач, рассматриваются особенности задач данной темы, методы и приемы их решения.

Решение задач рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Ввести буквенные обозначения всех используемых физических величин.

2. Под рубрикой "Дано" кратко записать условие задачи с переводом значений всех величин в единую систему единиц – СИ.

3. Сделать (если это необходимо) чертеж, поясняющий содержание задачи и ход решения.

4. Сформулировать физические законы, на которых базируется решение задачи, и обосновать возможность их использования.

5. На основе сформулированных законов составить уравнение или систему уравнений, решив которую, можно найти искомые величины.

6. Решить уравнение и получить в общем виде расчетную формулу, в левой части которой должна стоять искомая величина, в правой – величины, приведенные в условии задачи.

7. Проверить размерности полученных величин по расчетной формуле и тем самым убедиться в ее правильности.

8. Произвести вычисления. Для этого необходимо все значения величин, выраженные в единицах СИ, подставить в расчетную формулу и выполнить вычисления с точностью не более 2-3 значащих цифр.

9. При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на десять в соответствующей степени. Например, вместо 6340 надо записать $6,34 \cdot 10^3$.

Методические указания к лабораторным занятиям³

Большинство лабораторных работ, выполняемых в лабораториях кафедры физики, не фронтальные, а индивидуальные по своему

³ Гнатюк В. С., Панков А. М. Руководство для курсантов МВИМУ по организации самостоятельной работы по физике. Мурманск, 1988. С. 26–35.

содержанию. Они охватывают практически все разделы теоретического курса. В начале семестра до сведения каждого студента доводится полный перечень лабораторных работ, которые ему надлежит выполнить и защитить до начала экзаменационной сессии. Темы ряда лабораторных работ могут опережать темы лекций. Поэтому из всех форм занятий по физике самостоятельная работа по подготовке к лабораторным занятиям наиболее важна. При этом необходимо иметь в виду, что каждая лабораторная работа по физике рассчитана на два часа, включая ее выполнение и защиту.

При подготовке к выполнению лабораторной работы рекомендуется проработать теоретические вопросы по конспекту лекций или учебному пособию, обратить внимание на формулировки физических законов, определения физических величин, единицы их измерения в СИ и табличные значения, если они существуют, используемую рабочую формулу, ее вывод, необходимые рисунки и схемы.

Основные теоретические положения и записи, связанные с выполнением эксперимента непосредственно в лаборатории, должны быть отражены в бланке протокола работы, который необходимо подготовить до начала лабораторного занятия.

Подготовку к конкретной лабораторной работе рекомендуется начинать с ознакомления с описанием работы, приведенным в рекомендуемых методических указаниях или сборнике лабораторных работ [30] - [32].

Проверить степень готовности к выполнению лабораторной работы можно, ответив на контрольные вопросы, приводимые в конце работы.

К выполнению лабораторной работы студенты допускаются только после собеседования с преподавателем, ведущим занятия. Во время собеседования проверяется правильность заполнения бланка протокола лабораторной работы, знание основных физических законов и величин, умение работать с приборами и проводить измерения и т. д.

После беседы с преподавателем и получения допуска к работе необходимо еще раз мысленно представить себе ход работы и приступить к проведению измерений. Все необходимые записи при выполнении эксперимента заносятся в бланк протокола лабораторной работы. В протоколе не должно быть исправленных цифр, неверные цифры лучше зачеркнуть и записать рядом правильные.

В конце занятия необходимо показать результаты измерений преподавателю. Окончательную обработку результатов и все необходимые вычисления нужно выполнять во время самоподготовки и заносить в протокол работы.

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- общую характеристику объекта исследования с указанием его особенностей;
- схему установки;
- краткие теоретические сведения и краткое описание методики выполнения эксперимента;
- рабочие формулы с обязательной расшифровкой входящих в них величин;
- сводные таблицы и графики;
- оценку надежности и достоверности результатов [33];
- окончательные результаты с учетом случайных и систематических погрешностей;
- анализ полученных результатов, сравнение полученного экспериментально и табличного значений величины, если это возможно;
- общие выводы по результатам работы.

После оформления отчета курсант должен получить зачет по работе, т. е. защитить отчет. Защита отчетов осуществляется в начале лабораторного занятия или во время консультаций в виде ответов обучающегося на вопросы преподавателя.

Методические указания к самостоятельной работе при подготовке к сдаче экзаменов⁴

Экзамен – неотъемлемый компонент и завершающий этап учебного процесса по курсу. До экзамена необходимо своевременно решить задачи из домашнего задания, выполнить и защитить все предусмотренные рабочей программой лабораторные работы.

За месяц до окончания семестра лектор знакомит студентов с вопросами теоретического курса, выносимыми на экзамен. Эти вопросы составляются на основе рабочей программы и входят в экзаменационные билеты. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и задачу.

⁴ Гнатюк В.С., Панков А.М. Руководство для курсантов МВИМУ по организации самостоятельной работы по физике. Мурманск, 1988. С. 38–40.

При подготовке к экзамену целесообразно сначала прочесть конспект лекций, чтобы охватить материал в целом, установить, насколько он отражает вопросы, выносимые на экзамен, и примерно распределить время на изучение того или иного раздела. Только после этого следует с использованием конспекта и рекомендованных учебных пособий начинать подготовку ответов на каждый из экзаменационных вопросов. При этом по каждому вопросу рекомендуется составлять в письменном виде подробный план ответа. Все доказательства законов, теорем и выводы формул обязательно нужно повторить еще раз.

Подготовка к экзамену предполагает осмысление приобретенных в течение семестра знаний, их совершенствование и уточнение; осознание значения изучаемых в курсе физики фактов, законов, теорий; уяснение логики рассуждений и доказательств; формирование рациональных приемов и навыков систематизации и запоминания изучаемого материала; выработку умения четко излагать материал.

Экзамен – это проверка соответствия знаний требованиям, предъявляемым программой курса.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

| № п/п | Наименование тем и содержание самостоятельной работы | Количество часов |
|--|--|---------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Раздел 1. Физические основы механики | | |
| | Введение | |
| 1 | Элементы кинематики материальной точки. Понятие состояния в классической механике | |
| 2 | Динамика материальной точки. Уравнения движения. Закон сохранения импульса | |
| 3 | Работа и энергия. Закон сохранения энергии | |
| 4 | Закон всемирного тяготения. Силы инерции | |
| 5 | Динамика вращательного движения твердого тела | |
| 6 | Основы релятивистской механики. Принцип относительности | |
| 7 | Элементы механики жидкости и газов | |
| Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика | | |
| 8 | Кинетическая теория газов. Законы идеальных газов | |
| 9 | Классические статистические распределения. | |
| 10 | Элементы неравновесной термодинамики. Кинетические явления | |
| 11 | Основы термодинамики. Внутренняя энергия как термодинамическая функция состояния | |
| 12 | Первое, второе и третье начала термодинамики. Энтропия как термодинамическая функция состояния | |
| 13 | Реальные газы и пары. Фазовые равновесия и фазовые переходы | |
| 14 | Жидкости и твердые тела | |
| Итого за семестр: | | 6 |

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 4-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2002. – 718 с. : ил.

2. Зисман, Г. А. Курс общей физики : для втузов. [В 3 т.]. Т. 1. Механика, молекулярная физика, колебания и волны / Г. А. Зисман, О. М. Годес. – 3-е изд., стер. – М. : Наука, 1967. – 339 с. : ил.

3. Зисман, Г. А. Курс общей физики : для втузов. [В 3 т.] Т. 2. Электричество и магнетизм / Г. А. Зисман, О. М. Годес. – 3-е изд., стер. – М. : Наука, 1967. – 366 с. : ил.

4. Калашников, С. Г. Электричество : учеб. пособие / С. Г. Калашников. – 5-е изд., испр. и доп. – М. : Наука, 1985. – 576 с. : ил.

5. Курс физики : учебник для вузов. В 2 т. Т. 1 / Под ред. В. Н. Лозовского. – СПб. : Лань, 2000. – 576 с.

6. Курс физики : учебник для вузов. В 2 т. Т. 2 / Под ред. В. Н. Лозовского. – СПб. : Лань, 2000. – 592 с.

7. Матвеев, А. Н. Электричество и магнетизм : учеб. пособие для вузов / А. Н. Матвеев ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – 2-е изд. – М. : Оникс 21 в. : Мир и Образование, 2005. – 463 с. : ил.

8. Матвеев, А. Н. Механика и теория относительности / А. Н. Матвеев. – М. : Мир и образование, 2003. – 432 с.

9. Матвеев, А. Н. Молекулярная физика / А. Н. Матвеев. – М. : Мир и образование, 2006. – 360 с.

10. Савельев, И. В. Курс общей физики : учеб. пособие для втузов : В 5 кн. Кн. 2. Электричество и магнетизм / И. В. Савельев. – 4-е изд., перераб. – М. : Наука : Физматлит, 1998. – 336 с.

11. Савельев, И. В. Курс физики : учеб. пособие для вузов. В 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. – 4-е изд., стер. – СПб. [и др.] : Лань, 2008. – 350 с. : ил.

12. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для втузов. В 5 т. Т. 1. Механика / Д. В. Сивухин. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Наука, 1989. – 576 с.

13. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для втузов. В. 5 т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. – 2-е изд., испр. – М. : Наука, 1979. – 551 с.

14. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов. В. 5 т. Т. 3. Электричество / Д. В. Сивухин. – 2-е изд., испр. – М. : Наука, 1983. – 688 с.

15. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 7-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2003. – 541 с. : ил.

16. Трофимова, Т. И. Физика в таблицах и формулах : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 3-е изд., испр. – М. : Академия, 2006. – 446 с. : ил. – (Высшее профессиональное образование).

17. Яворский, Б. М. Основы физики : учебник: В 2 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика / Б. М. Яворский, А. А. Пинский ; под ред. Ю. И. Дика. - 4-е изд., перераб. - М. : Физматлит, 2000. - 624 с.

Дополнительная

18. Джанколи, Д. Физика. В 2 т. Т. 1 / Д. Джанколи. – М. : Мир, 1989. – 656 с.

19. Джанколи, Д. Физика. В 2 т. Т. 2 / Д. Джанколи. – М. : Мир, 1989. – 672 с.

20. Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы / И. Е. Иродов. – 3-е изд., испр. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2000. – 352 с. : ил.

21. Иродов, И. Е. Механика. Основные законы / И. Е. Иродов. – 5-е изд., испр. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2000. – 320 с. : ил.

22. Хайкин, С. Э. Физические основы механики : учеб. пособие / С. Э. Хайкин. – М. : Наука, 1971. – 752 с. : ил.

Рекомендуемая литература к практическим занятиям

Основная

23. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для втузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2001. – 640 с.

24. Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики : для студ. техн. вузов / В. С. Волькенштейн. – Изд. 3-е, испр. и доп. – СПб. : Книжный мир, 2005. – 327 с.

Дополнительная

25. Гурский, И. П. Элементарная физика с примерами решения задач / И. П. Гурский ; под ред. И. В. Савельева. – 3-е изд., перераб. – М. : Наука, 1984. – 448 с.

26. Новодворская, Е. М., Методика проведения упражнений по физике во втузе : учеб. пособие / Е.М. Новодворская, Э.М. Дмитриев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1981. – 320 с.

27. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике : учеб. пособие / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1982. – 272 с.

28. Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики для вузов : учеб. пособие / Т. И. Трофимова. – 3-е изд. – М. : Оникс 21 век : Мир и Образование, 2003. – 383 с.

29. Фирганг, Е. В. Руководство к решению задач по курсу общей физики : учеб. пособие для вузов / Е. В. Фирганг. – М. : Высш. шк. 1977. – 351 с. : ил.

Рекомендуемая литература к лабораторным занятиям

30. Сборник лабораторных работ по физике. Ч. 1. Механика, молекулярная физика и термодинамика / МВИМУ им. Ленин. комс. ; под ред. В. Н. Подымахина. – Мурманск, 1986. – 149 с.

31. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Электричество и магнетизм". Часть 1. Постоянный электрический ток / МВИМУ им. Ленин. комс. ; под ред. А. Б. Власова. - Мурманск, 1988. – 110 с.

32. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Электричество и магнетизм". Часть 2. Релаксационные колебания. Магнитное поле / МВИМУ им. Ленин. комс. ; под ред. А. Б. Власова. - Мурманск, 1989. – 136 с.

33. Математическая обработка результатов измерений и представление экспериментальных данных : учеб.-метод. пособие для студентов и курсантов инж.-техн. спец. МГТУ / Т. К. Карельская, А. В. Федотов. – Мурманск. : МГТУ, 1997. – 28 с.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Введение

Предмет физики. История развития механики. Место физики в системе наук о природе. Относительность движения. Пространство и время (пространственно-временная система отсчета). Связь физики и математики. Физические модели. Смысл производной и интеграла в приложении к физическим вопросам. Векторы и сложение движений. Единицы физических величин.

Студент должен знать:

1. Какое место занимает физика в системе наук о природе.
2. Что изучает механика, в чем состоит отличие классической, релятивистской и квантовой механики.
3. В чем заключается метод принципов.
4. Какова роль эксперимента и теории в физических исследованиях.
5. Что означает относительность движения.
6. Суть понятий "пространство" и "время" (пространственно-временная система отсчета).
7. В чем выражается связь физики и математики.
8. Какими идеализированными моделями оперирует физика.
9. Какой смысл имеют производная и интеграл в приложении к физическим вопросам.
10. Основные единицы физических величин.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Что такое вектор? Найти модуль вектора $\mathbf{a} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}$ и изобразите данный вектор в пространственной системе координат.
2. Даны векторы: $\mathbf{a} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}$ и $\mathbf{b} = b_x\mathbf{i} + b_y\mathbf{j} + b_z\mathbf{k}$. Как изображается сумма этих двух векторов, приложенных к одной точке? Чему равен модуль этой суммы?
3. Даны векторы: $\mathbf{a} = a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}$ и $\mathbf{b} = b_x\mathbf{i} + b_y\mathbf{j} + b_z\mathbf{k}$. Найти скалярное произведение этих векторов.

4. Даны векторы: $\mathbf{a} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k}$ и $\mathbf{b} = b_x \mathbf{i} + b_y \mathbf{j} + b_z \mathbf{k}$. Как изображается векторное произведение двух векторов? Найти модуль векторного произведения данных векторов.

Литература: [11], [12], [23], [25].

Тема 1. Элементы кинематики материальной точки

Координатная и векторная формы описания движения. Скорость и ускорение при прямолинейном движении. Движение по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Радиус кривизны траектории. Тангенциальное и нормальное ускорения. Связь линейных и угловых характеристик движения. Понятие состояния в классической механике. Степени свободы и обобщенные координаты.

1.1. Кинематика поступательного движения материальной точки

Студент должен знать:

1. Что изучает кинематика.
2. Какими способами можно задать положение материальной точки в пространстве.
3. Какие зависимости описывают движение материальной точки в декартовой прямоугольной системе координат.
4. Что такое траектория движения.
5. Что называют вектором перемещения.
6. Какое определение скорости является наиболее строгим.
7. Что характеризует ускорение.
8. Как связаны составляющие скорости и ускорения материальной точки с производными ее координат по времени.
9. Какой физический смысл имеют тангенциальная и нормальная составляющие вектора ускорения.
10. Основные формулы кинематики поступательного движения.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Для задания вектора в декартовой системе координат используются координатные орты \mathbf{i} , \mathbf{j} , \mathbf{k} , т. е. единичные векторы, направленные соответственно вдоль координатных осей X , Y , Z . Как будут выражаться через эти орты следующие векторы: радиус-вектор, вектор перемещения, векторы скорости и ускорения?

2. Радиус-вектор точки А относительно начала координат меняется со временем t по закону $\mathbf{r} = \alpha t \mathbf{i} + \beta t^2 \mathbf{j}$, где α и β – постоянные; \mathbf{i} и \mathbf{j} – орты осей X и Y . Найти зависимость от времени модуля скорости v .

3. Уравнение прямолинейного движения материальной точки задано в следующем виде: $x = At^2 + Bt + C$, где $A = 2 \text{ м/с}^2$; $B = 2 \text{ м/с}$; $C = 5 \text{ м}$. Найти среднюю скорость и среднее ускорение за первые 5 с. Построить зависимость скорости и ускорения от времени для этого же интервала.

4. Точка движется в плоскости XU по закону $x = \alpha t$, $y = \alpha t (1 - \beta t)$, где α и β – положительные постоянные. Найти: а) уравнение траектории $y(x)$, изобразить ее график; б) модуль скорости v в зависимости от времени.

5. Тело брошено со скоростью $v_0 = 20 \text{ м/с}$ под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти максимальную высоту подъема h_{\max} и дальность полета L .

6. Используя условия предыдущей задачи, определить скорость тела, а также его нормальное и тангенциальное ускорения через 2 с после начала движения.

7. Материальная точка начинает движение по окружности радиусом 0,3 м с постоянным тангенциальным ускорением 6 см/с^2 . Через какое время после начала движения нормальная составляющая ускорения будет равна 12 см/с^2 ? Чему будет равен угол между векторами скорости и ускорения в этот момент?

1.2. Кинематика вращательного движения

Студент должен знать:

1. Какое движение называется вращательным.
2. Что такое вектор угла поворота радиуса-вектора точки.
3. Что такое угловая скорость и угловое ускорение, какова связь между ними.
4. Какая связь существует между линейными характеристиками разных точек тела (перемещением, скоростью, ускорением) и их угловыми характеристиками (угловым перемещением, угловой скоростью и угловым ускорением).
5. Как зависят угловая скорость и угловое перемещение от времени при равнопеременном вращательном движении.
6. Что такое степени свободы и обобщенные координаты.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Колесо радиусом $R = 10$ см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени выражается уравнением $\varphi = a + bt^2 + ct^3$, где a , b и c – константы; $b = 2$ рад/с²; $c = 1$ рад/с³. Для точек, лежащих на ободе колеса, найти через время $t = 2$ с после начала движения: а) угловую ω и линейную v скорости, б) нормальное a_n и тангенциальное a_t ускорения, в) угловое ускорение ε .

2. Линейная скорость точки, находящейся на ободе вращающегося диска, в три раза больше линейной скорости точки, находящейся на 6 см ближе к его оси. Определить радиус диска.

3. Якорь электродвигателя, имеющий частоту вращения $n = 50$ с⁻¹, после выключения тока, сделав $N = 628$ оборотов, остановился. Определить угловое ускорение якоря.

4. Колесо автомашины вращается равнозамедленно. За время $t = 2$ мин оно изменило частоту вращения от 240 до 60 мин⁻¹. Определить: 1) угловое ускорение колеса; 2) число полных оборотов, сделанных колесом за это время.

5. Найдите угловую скорость и нормальное ускорение Земли при ее движении по круговой орбите вокруг Солнца. Средний радиус земной орбиты $R = 1,5 \cdot 10^8$ км. Найти линейную скорость орбитального движения Земли.

6. Определите угловую скорость вращения Земли вокруг своей оси. Найти нормальное ускорение и линейную скорость точек земной поверхности на географической широте $\varphi = 60^\circ$. Радиус земного шара 6 400 км.

7. Во сколько раз линейная скорость и центростремительное ускорение точки, находящейся на конце минутной стрелки часов, больше, чем эти же величины для точки, находящейся на конце часовой стрелки, если минутная стрелка в 1,5 раза длиннее часовой?

Литература основная: [1], [2], [5], [8], [11], [12], [15] - [17], [23], [24], *дополнительная:* [18], [21], [22], [25] - [29].

Тема 2. Динамика материальной точки. Закон сохранения импульса

Закон инерции. Инерциальные системы отсчета. Масса, сила. Второй закон Ньютона. Импульс. Уравнения движения. Импульс силы. Закон сохранения и изменения импульса. Третий закон Ньютона. Роль начальных

условий. Теорема о движении центра масс. Движение тела переменной массы.

Студент должен знать:

1. Что изучает динамика.
2. Первый закон Ньютона, инерциальные системы отсчета.
3. Что называют уравнением движения, формулировки второго закона Ньютона.
4. Что такое импульс системы материальных точек и как он изменяется под воздействием внешних сил.
5. Как формулируется закон сохранения импульса, и для каких систем он справедлив.
6. Третий закон Ньютона и границы его применимости.
7. Что такое центр масс, как формулируется теорема о движении центра масс.
8. В чем состоит закон изменения импульса механической системы и как на его основе получить уравнение Мещерского для тела переменной массы.
9. Что такое характеристическая скорость ракеты и как ее можно получить.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. В каких физических задачах можно считать инерциальной систему отсчета, связанную с Землей, Солнцем, Галактикой, с движущейся ракетой? В каких задачах это будет неправильно?

2. На материальную точку массой m действуют силы, равнодействующая которых задается уравнением $\mathbf{F} = k_1 t \mathbf{i} + k_2 \mathbf{j}$, где t – время; k_1 и k_2 – некоторые коэффициенты, имеющие соответствующую размерность; \mathbf{i} и \mathbf{j} – координатные орты. В начальный момент ($t_0 = 0$) материальная точка находилась в покое и имела координаты x_0 и y_0 . Найти ускорение, скорость и координаты материальной точки в момент t_1 .

3. Материальная точка массой $m = 4$ кг движется под действием силы F прямолинейно по закону $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $C = 2$ м/с²; $D = -0,5$ м/с³. Найти зависимость силы и импульса от времени и значения этих величин в момент $t = 3$ с. В какой момент сила равна нулю?

4. Материальная точка массой $m = 1$ кг движется по окружности радиусом $R = 2$ м. Путь, проходимый точкой, $s = At^3$, где $A = 3$ м/с³. Найти

зависимости от времени нормальной и тангенциальной составляющих вектора силы и значение этих составляющих в момент $t = 3$ с. Под каким углом к скорости направлен вектор силы в этот момент?

5. Человек массой $m = 60$ кг, бегущий со скоростью $v = 8$ км/ч, догоняет тележку массой $M = 80$ кг, движущуюся со скоростью $u = 2,9$ км/ч, и вскакивает на нее. С какой скоростью будет двигаться тележка? С какой скоростью будет двигаться тележка, если человек бежал ей навстречу?

6. Снаряд массой $m = 100$ кг, летящий горизонтально со скоростью $v = 500$ м/с, попадает в вагон с песком, масса которого $M = 10$ т, и застревает в нем. Какой будет скорость движения вагона после попадания снаряда, если: а) вагон стоял неподвижно; б) вагон двигался со скоростью $u = 36$ км/ч в том же направлении, что и снаряд; в) вагон двигался со скоростью $u = 36$ км/ч в направлении, противоположном движению снаряда?

Литература основная: [1], [2], [5], [8], [11], [12], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [21], [22], [25] - [29].

Тема 3. Работа и энергия. Закон сохранения энергии

Работа силы и ее выражение через криволинейный интеграл. Мощность. Кинетическая энергия, ее связь с работой силы. Поле центральных сил. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия, ее связь с действующей силой. Понятие о градиенте скалярной функции координат. Условие равновесия механической системы. Полная энергия. Закон сохранения энергии в механике. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. Диссипация энергии. Внутренняя энергия. Общефизический закон сохранения энергии.

Студент должен знать:

1. Как выражается работа силы на малом и конечном перемещениях.
2. Что характеризует мощность, чему она равна и в каких единицах измеряется.
3. Что называют кинетической энергией, какая связь существует между кинетической энергией системы и работой действующих на систему сил.
4. Что называют потенциальной энергией и от чего зависит потенциальная энергия механической системы.

5. Как связана потенциальная энергия с работой консервативных сил.
6. Что такое градиент скалярной функции координат.
7. Как формулируется закон сохранения механической энергии, и в каких случаях полная механическая энергия системы не сохраняется.
8. Какие удары шаров являются абсолютно упругими, а какие – абсолютно неупругими, как записываются законы сохранения для этих ударов.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Камень брошен со скоростью $v_0 = 20$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Найти кинетическую, потенциальную и полную энергии камня: а) через время $t = 1$ с после начала движения; б) в высшей точке траектории. Масса камня $m = 0,2$ кг.

2. Покажите, что потенциальная энергия и потенциальная сила связаны соотношением $\mathbf{F} = -\mathbf{grad} E_n$.

3. Частица массой m_1 налетела со скоростью v на неподвижную частицу массой m_2 , которая после упругого удара полетела под углом α к первоначальному направлению движения налетающей частицы. Определить скорость частицы массой m_2 после удара.

4. Однородный шар массой $M = 5$ кг висит на нити. Горизонтально летящая пуля массой $m = 8$ г попадает в шар и застревает в нем. В результате этого взаимодействия центр масс шара поднимается на высоту $h = 8$ см. Найти скорость пули. Описать процессы превращения энергии, которые имели место в данном случае.

5. Показать, что если шары двигались навстречу друг другу, то после абсолютно неупругого удара они будут продолжать двигаться вместе в ту сторону, в которую двигался шар с большим импульсом. В каком направлении будут двигаться шары после такого удара, если до удара они двигались в одну сторону?

6. Найти работу диссипативных сил, совершаемую при абсолютно неупругом центральном ударе шаров, если известны их массы (m_1 и m_2) и скорости до удара (v_1 и v_2).

Литература основная: [1], [2], [5], [8], [11], [12], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [21], [22], [25] - [29].

Тема 4. Закон всемирного тяготения. Силы инерции

Закон всемирного тяготения. Потенциальная энергия, потенциал, напряженность поля тяготения. Свойства сил тяжести, упругости, трения. Потенциальные кривые. Силы инерции. Второй закон Ньютона в неинерциальной системе отсчета. Неинерциальность системы координат, связанной с Землей, ее проявления в геофизических явлениях.

Студент должен знать:

1. Как формулируются законы Кеплера.
2. Чему равен модуль силы гравитационного взаимодействия двух материальных точек.
3. Что такое напряженность и потенциал поля тяготения, и какая связь существует между ними.
4. Что такое вес тела и в чем отличие веса тела от силы тяжести.
5. Чему равна сила трения.
6. Как формулируется закон Гука, и в каких случаях он справедлив.
7. Что такое пределы пропорциональности, упругости и прочности в диаграмме напряжений.
8. Как выражается потенциальная энергия гравитационного взаимодействия тел, потенциальная энергия тела в однородном поле силы тяжести и в поле упругих сил.
9. Когда и почему необходимо учитывать силы инерции.
10. Когда проявляются и как направлены центробежная сила инерции и сила Кориолиса.
11. Основной закон динамики в системе отсчета, связанной с Землей.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Найти минимальную работу, которую надо совершить, чтобы поднять тело массой 1 000 кг над поверхностью Земли на высоту, равную ее радиусу. Соппротивление воздуха не учитывать.
2. Вывести формулы первой и второй космических скоростей. Вывести уравнения траекторий движений тел, движущихся с этими скоростями.
3. Определить относительное удлинение алюминиевого стержня, если при его растяжении затрачена работа 0,21 Дж. Длина стержня 2 м, площадь поперечного сечения 1 мм², модуль Юнга для алюминия $E = 69$ ГПа.

4. Вагон массой 40 т, движущийся со скоростью 2 м/с, в конце запасного пути ударяется о пружинный амортизатор. На сколько сожмется пружина, если ее коэффициент упругости равен $2,25 \cdot 10^5$ Н/м?

5. К потолку вагона, движущегося в горизонтальном направлении с ускорением $a = 9,8$ м/с², подвешен на нити шарик массой $m = 200$ г. Определить для установившегося движения: 1) силу натяжения нити; 2) угол отклонения нити от вертикали.

6. Наклонная плоскость, образующая угол 30° с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за 2 с. Определить коэффициент трения тела о плоскость.

7. С какой скоростью и в каком направлении должно двигаться тело на экваторе, чтобы сумма центробежной и кориолисовой сил инерции была равна нулю?

8. На сколько вес покоящегося тела массой 10 кг на экваторе меньше, чем на полюсе? Землю считать шаром радиусом 6400 км.

Литература основная: [1], [2], [5], [8], [11], [12], [15] - [17], [23], [24], *дополнительная:* [18], [21], [22], [25] - [29].

Тема 5. Динамика вращательного движения твердого тела

Момент инерции точки. Момент инерции твердых тел разной формы. Теорема Штейнера. Момент силы и момент импульса относительно неподвижной точки. Работа при вращательном движении. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса. Уравнение момента импульса для вращения вокруг неподвижной оси. Основное уравнение динамики вращательного движения. Кинетическая энергия вращающегося тела. Законы сохранения и симметрии пространства и времени.

Студент должен знать:

1. Какое тело называется абсолютно твердым.
2. Сколько степеней свободы имеет абсолютно твердое тело, вращающееся вокруг неподвижной оси.
3. Что такое момент инерции материальной точки и тела относительно оси вращения, от чего зависит и какую роль играет момент инерции при вращении?
4. Как формулируется теорема Штейнера.
5. Что такое момент силы относительно оси вращения.

6. Что такое момент импульса материальной точки и тела относительно оси вращения.

7. Как формулируются правило моментов и закон сохранения момента импульса.

8. Как записываются выражения кинетической энергии тела и работы при вращательном движении.

9. Что такое гироскоп и в чем проявляются особенности его движения.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Каким свойством симметрии пространства обуславливается справедливость закона сохранения момента импульса?

2. С одного уровня наклонной плоскости одновременно начинают скатываться без скольжения сплошной цилиндр и шар, имеющие одинаковые массы и радиусы. Определить: 1) отношение скоростей цилиндра и шара на данном уровне; 2) их отношение в данный момент.

3. К ободу однородного сплошного диска радиусом 0,5 м приложена постоянная касательная сила $F = 100$ Н. При вращении диска на него действует момент сил трения $M = 2$ Н·м. Определить массу диска, если известно, что его угловое ускорение постоянно и равно 12 рад/с².

4. Через неподвижный блок в виде однородного сплошного цилиндра массой 1 кг перекинута невесомая нить, к концам которой прикреплены тела массами 1 и 2 кг. Пренебрегая трением в оси блока, определить: 1) ускорение грузов; 2) отношение сил натяжения нити.

5. Скорость вращения колеса за время $t = 1$ мин уменьшилась от 300 до 180 об/мин. Момент инерции колеса 2 кг·м². Определить: 1) угловое ускорение колеса; 2) момент M силы торможения; 3) работу силы торможения.

6. Человек массой 80 кг, стоящий на краю горизонтальной платформы массой $M = 100$ кг, вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой 10 об/мин, переходит в ее центр. Считая платформу круглым однородным диском, а человека точечной массой, определить, с какой частотой будет вращаться платформа.

Литература основная: [1], [2], [5], [8], [11], [12], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [21], [22], [25] - [29].

Тема 6. Основы релятивистской механики. Принцип относительности

Преобразования Галилея. Классический закон сложения скоростей. Принцип относительности. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Понятие одновременности. Относительность длин и промежутков времени. Интервал между событиями и его инвариантность по отношению к выбору инерциальной системы отсчета. Релятивистский закон сложения скоростей. Релятивистский импульс. Основной закон релятивистской динамики. Кинетическая энергия релятивистской частицы. Закон взаимосвязи массы и энергии. Соотношение между полной энергией и импульсом частицы.

Студент должен знать:

1. Как формулируется принцип относительности в механике.
2. Как записываются преобразования координат Галилея и классический закон сложения скоростей.
3. Как формулируются постулаты специальной теории относительности.
4. Как записываются преобразования Лоренца.
5. Суть релятивистского эффекта замедления хода времени и как он выражается.
6. Что называется лоренцевым сокращением длины и собственными размерами тела.
7. Что такое интервал между двумя событиями и его выражение.
8. Релятивистский закон сложения скоростей.
9. Чему равен релятивистский импульс.
10. Основной закон релятивистской динамики.
11. Какая существует взаимосвязь между массой и энергией, энергией и импульсом релятивистской частицы.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Как выглядит мировая линия покоящейся частицы?
2. Что означает псевдоевклидовость пространства-времени?
3. При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составит 25 %?

4. Определить собственную длину стержня (длину, измеренную в системе, относительно которой стержень покоится), если в лабораторной системе (системе отсчета, связанной с измерительными приборами) его скорость $v = 0,8c$, длина $L = 1$ м и угол между стержнем и направлением движения составляет 30° .

5. Собственное время жизни частицы отличается на 1,5 % от времени жизни, измеренного по неподвижным часам. Определить $\beta = v/c$.

6. Тело массой покоя 2 кг движется со скоростью 200 Мм/с в системе K' , которая, в свою очередь, движется относительно системы K со скоростью 200 Мм/с. Определить: 1) скорость тела относительно системы K ; 2) его импульс в этой системе.

7. Учítывая, что интервал – инвариантная величина по отношению к преобразованиям координат, определить расстояние, которое пролетел π -мезон с момента рождения до распада, если время его жизни в этой системе отсчета $\Delta t = 5$ мкс, а собственное время жизни (время, отсчитанное по часам, движущимся вместе с телом) $t = 2,2$ мкс.

8. Определить скорость, при которой релятивистский импульс частицы превышает ее ньютоновский импульс в пять раз.

9. Определить релятивистский импульс электрона, кинетическая энергия которого равна 1 ГэВ.

Литература основная: [1], [2], [5], [8], [11], [12], [15] - [17], [23], [24], *дополнительная:* [18], [21], [22], [25] - [29].

Тема 7. Элементы механики жидкости и газов

Давление в жидкости и газе. Закон Паскаля. Гидростатическое давление. Закон Архимеда. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли. Вязкость. Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкости. Движение тел в жидкостях и газах. Пограничный слой. Лобовое сопротивление. Сопротивление трения. Сопротивление давления. Подъемная сила крыла самолета.

Студент должен знать:

1. Что изучает гидроаэромеханика.
2. Закон Паскаля.
3. Чему равно гидростатическое давление.
4. Закон Архимеда.
5. Условия плавания тел.

6. Суть уравнения неразрывности.
7. Что выражает уравнение Бернулли, как оно записывается для горизонтальной трубки тока; как получить формулу Торричелли.
8. Чему равна сила внутреннего трения.
9. Что такое число Рейнольдса.
10. Чему равна сила Стокса.
11. За счет чего возникает подъемная сила крыла самолета.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Каковы причины возникновения лобового сопротивления тела, движущегося в жидкости? Может ли оно быть равным нулю?
2. Полый железный шар ($\rho = 7,87 \text{ г/см}^3$) весит в воздухе 5 Н, а в воде ($\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$) – 3 Н. Пренебрегая выталкивающей силой воздуха, определить объем внутренней полости шара.
3. Воздушный шар объемом 510 м^3 находится в равновесии. Какую массу балласта надо выбросить, чтобы шар начал подниматься вверх с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$.
4. Найти скорость течения углекислого газа по трубе, если известно, что за время $t = 30$ мин через поперечное сечение трубы протекает масса газа $m = 0,51 \text{ кг}$. Плотность газа $\rho = 7,5 \text{ кг/м}^3$. Диаметр трубы $D = 2 \text{ см}$.
5. Бак цилиндрической формы площадью основания $S = 1 \text{ м}^2$ и объемом $V = 3 \text{ м}^3$ заполнен водой. Пренебрегая вязкостью воды, определить время, необходимое для опустошения бака, если на дне бака образовалось круглое отверстие площадью $S = 10 \text{ см}^2$.
6. На горизонтальной поверхности стоит цилиндрический сосуд, в боковой поверхности которого имеется отверстие. Поперечное сечение отверстия значительно меньше поперечного сечения самого сосуда. Отверстие расположено на расстоянии 64 см ниже уровня воды в сосуде, который поддерживается постоянным, и на расстоянии 25 см от дна сосуда. Пренебрегая вязкостью воды, определить, на каком расстоянии по горизонтали от сосуда падает на поверхность струя, вытекающая из отверстия.
7. В широком сосуде, наполненном глицерином ($\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$), падает с установившейся скоростью 5 см/с стеклянный шарик ($\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$) диаметром 1 мм. Определить динамическую вязкость глицерина.

8. За единицу времени через поперечное сечение трубы протекает объем воды $V_t = 200 \text{ см}^3/\text{с}$. Динамическая вязкость воды $\eta = 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$. При каком предельном значении диаметра D трубы движение воды остается ламинарным? Число Рейнольдса $Re = 3000$.

Литература основная: [1], [2], [5], [8], [11], [12], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [21], [22], [25] - [29].

РАЗДЕЛ 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Тема 8. Кинетическая теория газов. Законы идеальных газов

Статистический и термодинамический методы исследования. Термодинамическая система и термодинамические параметры. Равновесные состояния и процессы. Идеальный газ как модельная термодинамическая система. Опытные газовые законы. Уравнение состояния. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Средняя кинетическая энергия молекул. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры.

Студент должен знать:

1. На чем основаны статистический и термодинамический методы исследования.
2. Что такое масса молекулы, количество вещества, относительная молекулярная и молярная массы.
3. Какими параметрами характеризуется состояние термодинамической системы.
4. Уравнение состояния идеального газа, и какие формы записи этого уравнения существуют.
5. Какие условия называются нормальными.
6. Как формулируются опытные газовые законы: Бойля – Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадро, Дальтона.
7. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов.
8. Чему равна средняя кинетическая энергия молекул газа и каков молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры.

Студент должен уметь: 1) изображать на термодинамических диаграммах равновесные состояния и процессы; 2) выводить уравнение

молекулярно-кинетической теории идеальных газов для давления и сравнивать его с уравнением Менделеева – Клапейрона.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Какой характер взаимодействия молекул идеального газа?
2. Как объясняется закон Бойля – Мариотта с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
3. При некоторых значениях температуры и давления азот количеством вещества 1 моль занимает объем 20 л. Какой объем при этих же условиях займет водород количеством вещества 1 моль?
4. Начертите и объясните графики изотермического и изобарного процессов в координатах p и V , p и T , T и V .
5. Найти молярную массу воздуха, считая, что он состоит из одной части кислорода и трех частей азота ($m_1 : m_2 = 1 : 3$).
6. В сосуде при температуре $t = 20$ °С и давлении $p = 0,2$ МПа содержится смесь газов: кислорода массой 16 г и азота массой 21 г. Определить: а) плотность смеси; б) концентрации молекул кислорода и азота.
7. В цилиндр длиной 1,4 м, заполненный воздухом при нормальном атмосферном давлении, начали медленно вдвигать поршень площадью сечения 200 см². Определить силу, которая будет действовать на поршень, если его остановить на расстоянии 20 см от дна цилиндра.
8. Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения и среднее значение полной кинетической энергии молекулы водяного пара при температуре 600 К. Найти также кинетическую энергию поступательного движения всех молекул пара, содержащего количество вещества 1 кмоль.

Литература основная: [1], [2], [5], [9], [11], [13], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [25] - [29].

Тема 9. Классические статистические распределения

Распределение молекул идеального газа по скоростям и энергиям (распределение Максвелла). Определение интегральных параметров системы по распределению молекул. Опыты Штерна и Ламмерта. Распределение молекул в поле потенциальных сил (распределение

Больцмана). Барометрическая формула. Определение Перреном постоянной Авогадро. Атмосфера Земли и других планет.

Студент должен знать:

1. Физический смысл функции распределения молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения.
2. Законы распределения молекул по скоростям и энергиям.
3. Как графически изображаются кривые распределения молекул по скоростям и энергиям.
4. Что называют наиболее вероятной скоростью.
5. Чему равны средняя арифметическая, средняя квадратичная и наиболее вероятная скорости.
6. Что выражает барометрическая формула.
7. Какую функцию называют распределением Больцмана и как она связана с барометрической формулой.

Студент должен уметь: 1) находить с помощью закона распределения молекул по скоростям и энергиям распределения молекул по относительным скоростям и относительным энергиям; 2) вычислять средние значения скоростей, энергий и других физических величин; 3) выводить формулу зависимости атмосферного давления от высоты.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Как должна изменяться с высотой термодинамическая температура для того, чтобы атмосферное давление не зависело от высоты?
2. На какой высоте плотность воздуха в два раза меньше его плотности на уровне моря? Считать, что температура воздуха везде одинакова и равна 273 К.
3. Определить силу F , действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношение n_1/n_2 концентраций частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на расстояние 1 м, равно e (e – основание натуральных логарифмов). Температуру T считать во всех точках одинаковой и равной 300 К.
4. Какие предположения делаются в законе распределения молекул газа по скоростям и энергиям теплового движения?
5. Каков физический смысл функции распределения молекул по скоростям? по энергиям?

6. Как, зная функцию распределения молекул по скоростям теплового движения, перейти к функции распределения по энергиям?

7. Зная функцию распределения молекул газа по скоростям теплового движения, определите их наиболее вероятную скорость.

8. Определить наиболее вероятную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 40 кПа составляет $0,35 \text{ кг/м}^3$.

9. Используя закон распределения молекул идеального газа по скоростям $f(v)$, найти закон, выражающий распределение молекул по относительным скоростям $f(u)$, где $u = v/v_v$ – относительная скорость.

10. Используя закон распределения идеального газа по относительным скоростям (см. предыдущую задачу), определить, какая доля молекул кислорода, находящегося при температуре $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, имеет скорости от 100 до 110 м/с.

Литература основная: [1], [2], [5], [9], [11], [13], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [25] - [29].

Тема 10. Элементы неравновесной термодинамики. Кинетические явления

Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах. Теплопроводность. Закон Фурье. Диффузия. Закон Фика. Внутреннее трение. Закон Ньютона. Понятие о свойствах разреженных газов.

Студент должен знать:

1. Что такое эффективный диаметр и средняя длина свободного пробега молекул.

2. Чему равны средняя длина свободного пробега и среднее число столкновений молекул.

3. Эмпирические уравнения явлений теплопроводности, диффузии и внутреннего трения.

4. Чему равны коэффициенты теплопроводности, диффузии, внутреннего трения и какая связь между ними.

5. Какое состояние газа называют вакуумом.

Студент должен уметь объяснять явления переноса с точки зрения молекулярно-кинетической теории.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Средняя длина свободного пробега молекул водорода равна 200 нм, температура газа 0°C . Найдите коэффициент диффузии D .

2. Какое количество водорода продиффундирует через площадку $S = 2\text{ м}^2$ за время $\Delta t = 1\text{ ч}$, если градиент плотности в направлении, перпендикулярном площадке, равен 10^{-5} кг/м^4 ? (Коэффициент диффузии взять из решения первой задачи). Ответ записать для массы, количества вещества и числа молекул.

3. Найти зависимость коэффициента диффузии D от давления при следующих процессах: а) изотермическом; б) изохорном.

4. Найти зависимость коэффициента диффузии D от температуры при следующих процессах: а) изобарном; б) изохорном.

5. Вязкость воздуха при нормальных условиях равна $\eta = 0,18\text{ мПа}\cdot\text{с}$. Найти коэффициент диффузии.

6. Между двумя коаксиальными цилиндрами, радиусы которых $R_1 = 7\text{ см}$ и $R_2 = 7,2\text{ см}$ соответственно, а длина $l = 20\text{ см}$, находится воздух. Внутренний цилиндр неподвижен, а наружный вращается относительно оси симметрии с частотой $n = 10\text{ с}^{-1}$. Вязкость воздуха $\eta = 0,18\text{ мПа}\cdot\text{с}$. Определить касательную силу, действующую на поверхность внутреннего цилиндра, и момент этой силы.

7. Найти зависимость коэффициента вязкости η от температуры при следующих процессах: а) изобарном; б) изохорном.

8. Найти зависимость коэффициента вязкости η от давления при следующих процессах: а) изотермическом; б) изохорном.

9. Между двумя параллельными пластинами находится воздух. Коэффициент теплопроводности воздуха $\lambda = 13\cdot 10^{-3}\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Расстояние между пластинами $l = 0,1\text{ см}$, площадь каждой пластины $S = 0,2\text{ м}^2$, разность температур пластин $\Delta T = 100\text{ К}$. Какое количество тепла передается от пластины к пластине за 1 с в результате теплопроводности воздуха?

10. Найти зависимость коэффициента теплопроводности λ от температуры при следующих процессах: а) изобарном; б) изохорном.

Литература основная: [1], [2], [5], [9], [11], [13], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [25] - [29].

Тема 11. Основы термодинамики. Внутренняя энергия

Число степеней свободы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия как термодинамическая функция состояния. Работа газа при изменении объема. Количество теплоты. Теплоемкость. Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкостей идеальных газов и ее ограниченность.

Студент должен знать:

1. Как определяется положение в пространстве одно-, двух-, трех- и многоатомных молекул.
2. Как формулируется закон равномерного распределения молекул по степеням свободы.
3. Чему равна внутренняя энергия идеального газа.
4. Как вычисляется работа газа при изменении объема.
5. Что такое теплоемкость; что называют удельной и молярной теплоемкостью, какая связь между ними.
6. От чего зависит теплоемкость.

Студент должен уметь: 1) объяснять, что такое внутренняя энергия идеального газа; 2) вычислять работу газа при изохорном, изобарном и изотермическом процессах; 3) пояснять ограничения классической молекулярно-кинетической теории теплоемкостей идеальных газов.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Чему равно число степеней свободы молекулы углекислого газа CO_2 ?
2. Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного и вращательного движений молекул, содержащихся в 2 кг водорода при температуре 400 К?
3. Вычислить молярные теплоемкости C_p и C_v , а также отношение этих теплоемкостей γ для идеального газа: а) с одноатомными молекулами; б) двухатомными жесткими молекулами; в) двухатомными упругими молекулами; г) трехатомными жесткими молекулами (атомы которых не лежат на одной прямой).
4. Каковы удельные теплоемкости c_v и c_p смеси газов, содержащей кислород массой 10 г и азот массой 20 г?
5. Определить удельную теплоемкость c_p смеси кислорода количеством вещества 2 моль и азота количеством вещества 4 моль.

6. Найти показатель адиабаты γ смеси водорода и неона, если массовые доли обоих газов в смеси одинаковы и равны $\omega = 0,5$.

7. Кислород массой 160 г нагревают при постоянном давлении от 320 до 340 К. Определить: 1) количество тепла, поглощенного газом; 2) изменение внутренней энергии; 3) работу расширения газа.

8. Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода массой 5 г, взятого при температуре 290 К, если объем газа увеличивается в три раза?

9. Водяной пар расширяется при постоянном давлении. Определить работу расширения, если пару передано количество тепла 4 кДж.

Литература основная: [1], [2], [5], [9], [11], [13], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [25] - [29].

Тема 12. Начала термодинамики. Энтропия

Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам. Уравнение Майера. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Политропный процесс. Показатель политропы. Обратимые и необратимые процессы. Циклы. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его КПД. Второе начало термодинамики. Независимость КПД цикла Карно от природы рабочего тела. Энтропия. Теорема Нернста (третье начало термодинамики). Неравенство Клаузиуса. Статистическое толкование энтропии.

Студент должен знать:

1. Как формулируется и записывается первое начало термодинамики.
2. Какое соотношение называют уравнением Майера и физический смысл этого уравнения.
3. Чему равна работа при адиабатном процессе.
4. Что называется показателем адиабаты (коэффициентом Пуассона).
5. Уравнение адиабаты.
6. Какой процесс называется политропным.
7. Чему равен термический КПД для кругового процесса.
8. В чем смысл второго начала термодинамики, и какие его формулировки известны.
9. Как формулируется третье начало термодинамики.
10. Термодинамическое и статистическое определения энтропии.

Студент должен уметь: 1) записывать первое начало термодинамики для изопроцессов и адиабатного процесса; 2) выводить и пояснять уравнение Майера; 3) получать уравнение Пуассона; 4) анализировать уравнение политропы; 5) графически изображать и пояснять основные процессы при цикле Карно; 6) выводить формулу КПД этого цикла; 7) находить изменение энтропии при различных процессах.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. При каком из процессов совершается большая работа: а) изохорном; б) изотермическом; в) изобарном; г) адиабатическом? Почему?

2. Почему малое количество теплоты, сообщаемое термодинамической системе, является неполным дифференциалом?

3. Что такое вечный двигатель второго рода?

4. Водород массой $m = 200$ г расширяется от объема $V_1 = 1$ м³ до объема $V_2 = 1,1$ м³ при постоянном давлении $p = 100$ кПа. Найти: а) количество теплоты, переданное газу; б) работу, совершаемую газом; в) изменение внутренней энергии газа; г) изменение его температуры.

5. Азот массой 2 кг, находящийся при температуре 288 К, сжимают: 1) изотермически; 2) адиабатно. При этом давление увеличивается в 10 раз. Определить работу, затраченную на сжатие газа в обоих случаях.

6. В ходе цикла Карно рабочее вещество получает от нагревателя тепло $Q = 300$ кДж. Температуры нагревателя и холодильника равны соответственно $T_1 = 459$ К и $T_2 = 280$ К. Определить работу A , совершаемую рабочим веществом за цикл.

7. Изобразить на диаграмме p, V совершаемый идеальным газом цикл, состоящий из двух изотерм и двух изохор. Как ведет себя на различных участках цикла: а) внутренняя энергия; б) энтропия? На каких участках совершаемая газом работа A и полученное газом тепло Q больше (меньше) нуля?

8. Изобразить на диаграмме T, S совершаемый идеальным газом цикл Карно, состоящий из двух изотерм и двух адиабат.

9. Найти приращение энтропии ΔS при превращении $m = 200$ г льда, находившегося при температуре $-10,7$ °С, в воду при 0 °С. Теплоемкость льда считать не зависящей от температуры. Температуру плавления принять равной 273 К.

10. Найти приращение энтропии ΔS при конденсации $m = 1,0$ кг пара, находившегося при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$, в воду и последующем охлаждении воды до температуры $20\text{ }^\circ\text{C}$. Теплоемкость воды считать не зависящей от температуры. Конденсация происходит при давлении, равном 1 атм.

Литература основная: [1], [2], [5], [9], [11], [13], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [25] - [29].

Тема 13. Реальные газы и пары. Фазовые равновесия и фазовые переходы

Отступление от законов идеальных газов. Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия. Эффективный диаметр молекул. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Сравнение изотерм Ван-дер-Ваальса с экспериментальными. Сжижение газов. Фазовые переходы первого и второго рода. Критическое состояние. Внутренняя энергия реального газа.

Студент должен знать:

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных.
2. Характер зависимостей сил и потенциальной энергии взаимодействия молекул от расстояния между ними.
3. Уравнение Ван-дер-Ваальса для моля газа и для произвольного количества вещества.
4. Чему равно внутреннее давление реального газа.
5. Чему равна потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия.
6. Из каких составляющих складывается внутренняя энергия реального газа, и чему она равна.
7. Чем отличаются друг от друга фазовые переходы первого и второго рода.
8. Какой вид имеет диаграмма состояния вещества.
9. В чем суть эффекта Джоуля – Томсона, когда он положителен, отрицателен.

Студент должен уметь анализировать изотермы Ван-дер-Ваальса и сравнивать их с экспериментальными.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Какие величины, которыми пренебрегают, рассматривая идеальные газы, учитывает уравнение Ван-дер-Ваальса?

2. Какое состояние вещества называется критическим?

3. Можно ли, не охлаждая вещество ниже критической температуры, перевести его в жидкое состояние?

4. Каким способом можно получить пересыщенный пар?

5. У каких веществ равновесный переход из твердой фазы в газообразную происходит при атмосферном давлении, минуя жидкую фазу?

6. Углекислый газ массой 1 кг находится при температуре 17 °С в сосуде объемом 20 л. Определить давление газа и сравнить его с давлением, которое имел бы углекислый газ, если бы он сохранил при рассматриваемых условиях свойства идеального газа. Объяснить различие в результатах. Поправки в уравнении Ван-дер-Ваальса для CO₂ равны: $a = 0,365 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$; $b = 4,3\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.

7. Кислород, содержащий количество вещества 2 моль, адиабатически расширяется в вакуум, в результате чего его объем увеличивается от 1 до 10 л. Определить приращение температуры газа. Для кислорода постоянная Ван-дер-Ваальса $a = 0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$.

8. Постоянные Ван-дер-Ваальса для неона равны: $a = 0,209 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$; $b = 1,7\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$. Найти критические значения параметров состояния.

9. Критическая температура аргона $T_{\text{кр}} = 151 \text{ К}$, критическое давление $p_{\text{кр}} = 4,86 \text{ МПа}$. Какой собственный объем занимают молекулы одного моля аргона? Определить диаметр одной молекулы аргона.

10. Можно ли 300 г азота, находящегося в сосуде объемом 0,5 л при температуре 27 °С, считать идеальным газом?

Литература основная: [1], [2], [5], [9], [11], [13], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [25] - [29].

Тема 14. Жидкости и твердые тела

Представление о структуре жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Капиллярные явления. Отличительные черты кристаллического состояния. Ближний и дальний порядок в расположении атомов. Физические типы кристаллов. Теплоемкость твердых тел.

Студент должен знать:

1. Какова структура жидкости и ее основные свойства.
2. Чему равна поверхностная энергия и сила поверхностного натяжения.
3. Как записывается формула Лапласа, определяющая избыточное давление под искривленной поверхностью жидкости.
4. При каком условии жидкость смачивает твердое тело, не смачивает его.
5. От чего зависит высота поднятия смачивающей жидкости в капилляре.
6. Особенности кристаллического состояния.
7. В чем состоит различие четырех типов кристаллов.
8. Как формулируется закон Дюлонга и Пти.

Вопросы и задачи для самопроверки

1. Почему у всех веществ поверхностное натяжение уменьшается с температурой?
2. Чем обусловлено стремление жидкостей к сокращению своей поверхности?
3. Трубка имеет внутренний диаметр 1,5 мм. На нижнем конце трубки висит отрывающаяся капля воды, имеющая сферическую форму. Найти диаметр этой капли. Поверхностное натяжение воды 72,5 мН/м.
4. Две одинаковые сферические капли ртути радиусом 2 мм слились в одну. Как при этом изменилась энергия поверхностного слоя капель?
5. Какая работа против сил поверхностного натяжения совершается при выдувании мыльного пузыря, радиус которого изменяется от 1 до 5 см? Процесс считать изотермическим. Принять для мыльной воды поверхностное натяжение постоянным и равным 40 мН/м.
6. Определить силу, прижимающую друг к другу две параллельные стеклянные пластины размерами 5×5 см, если между ними находится вода. Расстояние между пластинами равно 20 мкм. Считать мениск вогнутым с диаметром равным 20 мкм.
7. Чему равна разность уровней ртути в двух сообщающихся капиллярах с диаметром каналов 0,5 и 1 мм? Плотность ртути $13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, поверхностное натяжение 465 мН/м.
8. Почему структуру жидкостей называют квазикристаллической?

9. Используя закон Дюлонга и Пти, определить удельную теплоемкость: а) меди; б) алюминия.

Литература основная: [1], [2], [5], [9], [11], [13], [15] - [17], [23], [24],
дополнительная: [18], [25] - [29].

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛУ "ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ"

Вариант 1

1. Скорость тела с первой по третью секунды движения изменяется по закону $v = 3t^2$. Чему равна длина пути S , пройденного телом за это время?

2. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязали грузики, массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 110$ г. С каким ускорением будут двигаться грузики, если массой блока и трением при вращении блока пренебречь?

3. С наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, скатываются без скольжения сплошной и полый цилиндры одинаковой массы m радиусами R . Определить линейные ускорения центров масс скатывающихся цилиндров.

4. Шарик всплывает в жидкости с постоянной скоростью. Плотность жидкости в три раза больше плотности шарика. Во сколько раз сила сопротивления, действующая на шарик, больше действующей на него силы тяжести? Вязкость воды принять равной 10^{-3} Па·с.

Вариант 2

1. Движение точки описывается уравнениями $x = (2 \sin \pi t)$ см, $y = (\cos \pi t)$ см. Определить скорость и ускорение точки в момент $t = 0,5$ с.

2. Шар массой $m_1 = 200$ г, движущийся со скоростью $v_1 = 10$ м/с, ударяет неподвижный шар массой $m_2 = 800$ г. Удар прямой, центральный, абсолютно упругий. Каковы будут скорости u_1 и u_2 шаров после удара?

3. Сплошной цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 0,2$ м скатывается с наклонной плоскости без трения. Скорость центра масс в данный момент равна $v = 1$ м/с. Найти полную кинетическую энергию цилиндра.

4. Цилиндрический сосуд высотой $h = 0,5$ м и радиусом $R = 10$ см наполнен доверху водой. В дне сосуда открывается отверстие радиусом

$r = 1$ мм. Пренебрегая вязкостью воды, определить: а) время, за которое вся вода вытечет из сосуда; б) скорость понижения уровня воды в сосуде в зависимости от времени.

Вариант 3

1. Тело, брошенное вертикально вверх, находилось на одной и той же высоте $h = 8,6$ м два раза с интервалом $\Delta t = 3$ с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, вычислить начальную скорость v_0 брошенного тела.

2. К потолку вагона, движущегося в горизонтальном направлении с ускорением $a = 9,8$ м/с², подвешен на нити шарик массой $m = 200$ г. Определить для установившегося движения: 1) силу натяжения нити; 2) угол отклонения нити от вертикали.

3. Сплошной шар массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 0,05$ м вращается вокруг оси, проходящей через его центр. В точке, наиболее удаленной от оси вращения, на шар действует сила F , касательная к поверхности. Угол поворота шара изменяется по закону $\varphi = 2 + 2t - t^2$. Определите величину действующей силы.

4. Найти скорость релятивистской частицы массой $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг (масса электрона), импульс которой $p = 1,58 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с.

Вариант 4

1. Точка движется по дуге окружности радиусом $R = 10$ м. В некоторый момент нормальное ускорение точки $a_n = 4,9$ м/с². Вектор полного ускорения образует в этот момент с вектором нормального ускорения угол $\alpha = 60^\circ$. Найти тангенциальное ускорение точки.

2. Снаряд, массой m , летящий со скоростью $v_0 = 500$ м/с, разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого $m_1 = 0,2m$, полетел в противоположном направлении со скоростью $v_1 = 200$ м/с. Определить скорость большего осколка.

3. К ободу однородного диска радиусом $R = 1$ м и массой $m = 10$ кг приложена касательная сила $F = 500$ Н. Определить, через сколько времени после начала движения диск достигнет скорости $\omega = 6,28$ с⁻¹.

4. Чему равно относительное приращение длины стержня $\Delta l/l_0$, если ему сообщить скорость $v = 0,1$ с в направлении, образующем с осью

покоившегося стержня угол α ? Вычисления произвести для значений α , равных: $0, 45^\circ, 90^\circ$.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛАМ "МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА"

Вариант 1

1. Определить давление, оказываемое газом на стенки сосуда, если его плотность равна $0,01 \text{ кг/м}^3$, а средняя квадратичная скорость молекул газа составляет 480 м/с . [768 Па]

2. Определить отношение давления воздуха на высоте 1 км к давлению на дне скважины глубиной 1 км . Воздух у поверхности Земли находится при нормальных условиях, и его температура не зависит от высоты. [0,78]

3. При адиабатическом расширении кислорода ($\nu = 2$ моль), находящегося при нормальных условиях, его объем увеличился в три раза. Определить: 1) изменение внутренней энергии газа; 2) работу расширения газа. [1) $-4,03 \text{ кДж}$; 2) $4,03 \text{ кДж}$]

4. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температуры нагревателя и холодильника равны соответственно $T_1 = 500 \text{ К}$ и $T_2 = 300 \text{ К}$. Работа изотермического расширения газа составляет 2 кДж . Определить: 1) термический КПД цикла; 2) количество теплоты, отданное газом холодильнику при изотермическом сжатии. [1) 40% ; 2) $0,6 \text{ кДж}$]

Вариант 2

1. В сосуде вместимостью $V = 0,3 \text{ л}$ при температуре $T = 290 \text{ К}$ находится некоторый газ. На сколько понизится давление p газа в сосуде, если из него из-за утечки выйдет $N = 10^{19}$ молекул? [133 Па]

2. На какой высоте давление воздуха составляет 60% от давления на уровне моря? Считать, что температура воздуха везде одинакова и равна 10°С . [4,22 км]

3. Кислород, занимающий при давлении $p_1 = 1 \text{ МПа}$ объем $V_1 = 5 \text{ л}$, расширяется в $n = 3$ раза. Определить конечное давление и работу, совершенную газом. Рассмотреть следующие процессы: 1) изобарный; 2) изотермический; 3) адиабатический. [1) 1 МПа , 10 кДж ; 2) $0,33 \text{ МПа}$, $5,5 \text{ кДж}$; 3) $0,21 \text{ МПа}$, $4,63 \text{ кДж}$]

4. Во сколько раз необходимо увеличить объем $v = 5$ моль идеального газа при изотермическом расширении, если его энтропия увеличилась на $57,6$ Дж/К? [4]

Вариант 3

1. Некоторый газ массой $m = 5$ г расширяется изотермически от объема V_1 до объема $V_2 = 2V_1$. Работа расширения $A = 1$ кДж. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа. [930 м/с]

2. Используя функцию распределения молекул по скоростям, получить функцию, выражающую распределение молекул по относительным скоростям u ($u = v/v_B$).

3. Азот массой $m = 14$ г сжимают изотермически при температуре $T = 300$ К от давления $p_1 = 100$ кПа до давления $p_2 = 500$ кПа. Определить: 1) изменение внутренней энергии газа; 2) работу сжатия; 3) количество выделившейся теплоты. [1) 0; 2) $-2,01$ кДж; 3) $2,01$ кДж]

4. Найти массу азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку $S = 0,01$ м² за время 10 с, если градиент плотности в направлении, перпендикулярном к площадке, равен $1,26$ кг/м⁴. Температура азота равна 27 °С. Средняя длина свободного пробега молекул азота составляет 10 мкм.

Вариант 4

1. Найти суммарную кинетическую энергию теплового движения всех молекул кислорода, занимающих объем 5 л при нормальных условиях. Считать, что колебания атомов в молекулах еще не возбуждены.

2. Используя функцию распределения молекул идеального газа по энергиям, найти среднюю кинетическую энергию молекул.

3. Воздух массой 1 кг, находящийся при температуре 30 °С и давлении 150 кПа, расширяется адиабатически. Давление при этом падает до 100 кПа. Во сколько раз увеличится объем воздуха? Найти конечную температуру и работу, совершенную газом при расширении.

4. В результате нагревания азота массой 22 г его температура увеличилась в $1,2$ раза, а энтропия увеличилась на $4,19$ Дж/К. При каких условиях производилось нагревание азота (при постоянном объеме или при постоянном давлении)?

ВОПРОСЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА ПО РАЗДЕЛАМ "МЕХАНИКА, МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА"

1. Кинематика поступательного движения материальной точки.
2. Кинематика вращательного движения. Связь линейных и угловых величин.
3. Инерциальные системы отсчета. Законы динамики.
4. Импульс механической системы. Закон сохранения импульса и его связь с однородностью пространства.
5. Центр масс системы. Закон сохранения центра масс замкнутой системы.
6. Механическая работа и ее графическое представление. Мощность.
7. Кинетическая энергия, ее связь с работой силы.
8. Потенциальная энергия и ее связь с действующей силой.
9. Закон сохранения механической энергии. Связь закона сохранения энергии с однородностью времени.
10. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. Диссипация энергии.
11. Силы инерции. Второй закон Ньютона в неинерциальных системах отсчета.
12. Закон всемирного тяготения. Потенциальная энергия, потенциал, напряженность поля тяготения.
13. Свойства сил тяжести, упругости и трения. Потенциальные кривые.
14. Деформация. Закон Гука для малых деформаций. Диаграмма напряжений.
15. Момент инерции. Теорема Штейнера.
16. Кинетическая энергия вращательного и плоского движений.
17. Момент силы относительно полюса, оси.
18. Момент импульса относительно полюса, оси.
19. Уравнение динамики вращательного движения.
20. Закон сохранения момента импульса и его связь с изотропностью пространства. Гироскоп.
21. Работа при вращательном движении.
22. Преобразования координат Галилея. Принцип относительности.
23. Основы специальной теории относительности.

24. Следствия из преобразований Лоренца.
25. Релятивистская динамика.
26. Давление в жидкости и газе. Закон Архимеда. Условие плавания тел.
27. Уравнение неразрывности и уравнение Бернулли.
28. Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкости.
29. Статистический и термодинамический методы исследования, их основные понятия.
30. Опытные газовые законы.
31. Уравнение состояния идеального газа.
32. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
33. Средняя кинетическая энергия молекул. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры.
34. Распределение молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла).
35. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Атмосфера Земли и других планет.
36. Молекулярно-кинетическая теория явлений переноса.
37. Степени свободы молекул. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
38. Внутренняя энергия идеального газа.
39. Работа газа при изменении объема.
40. Теплоемкость идеального газа.
41. Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам.
42. Адиабатический процесс. Коэффициент Пуассона.
43. Обратимые и необратимые процессы. Второе начало термодинамики.
44. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его КПД.
45. Энтропия идеального газа. Изменение энтропии при изопроцессах.
46. Теорема Нернста, или третье начало термодинамики.
47. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
48. Внутренняя энергия реального газа.
49. Фазовые переходы первого и второго рода.

50. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение, смачивание. Капиллярные явления.

51. Твердые тела и их основные свойства.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики : для студентов техн. вузов / В. С. Волькенштейн. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб. : Книжный мир, 2005. – 327 с.

2. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 4-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2002. – 718 с. : ил.

3. Дмитриева, В. Ф. Основы физики : учеб. пособие для вузов / В. Ф. Дмитриева, В. Л. Прокофьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 527 с. : ил.

4. Ремизов, А. Н. Курс физики : учебник для вузов / А. Н. Ремизов, А. Я. Потапенко. – 3-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2006. – 720 с. : ил.

5. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 3 т. Т. 2 / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1989. – 352 с.

6. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике : учеб. пособие / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1982. – 272 с.

7. Сборник вопросов и задач по общей физике : учеб. пособие / Н. Г. Птицина, Н. В. Соина, Г. Н. Гольцман [и др.] ; под ред. Е. М. Гершензона. – М. : Академия, 1999. – 326 с. : ил. – (Серия "Высшее образование").

8. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 7-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2003. – 541 с.

9. Фирганг, Е. В. Руководство к решению задач по курсу общей физики : учеб. пособие для вузов / Е. В. Фирганг. – М. : Высш. шк. 1977. – 351 с. ; ил.

10. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2001. – 640 с.