

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. М. Иванов**

**ФИЗИКА**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 53

Рецензент

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный технический университет»

**В. А. Халяпин**

кандидат технических наук, доцент кафедры теории механизмов и машин и  
деталей машин ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический  
университет» **Н. А. Середа**

**Иванов А. М.,**

Физика: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ.  
бакалавриата по напр. подгот. 15.03.04 Автоматизация технологических  
процессов и производств / А. М. Иванов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО  
«КГТУ», 2022. – 68 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Физика»  
представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного  
курса, включающие подробный план лекций по каждой изучаемой теме,  
вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим и  
лабораторным занятиям.

Табл. 4, список лит. – 10 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано  
к изданию в качестве локального электронного методического материала для  
использования в учебном процессе методической комиссией Института  
морских технологий, энергетики и строительства ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный технический университет» 30 сентября  
2022 г., протокол № 01

УДК 53

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский  
государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Иванов А. М., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
1.1 Тематический план лекционных занятий .....	9
1.2 Изучение тем и подготовка к лекционным занятиям .....	10
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ .....	34
2.1 Тематический план практических занятий .....	34
2.2 Подготовка к практическим занятиям .....	35
3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ .....	47
3.1 Тематический план лабораторных занятий .....	47
3.2 Подготовка к лабораторным занятиям .....	48
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	59
4.1 Критерии оценивания контрольной работы .....	59
4.2 Типовые варианты для контрольной работы (для студентов заочной формы обучения) ..	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	61
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	63

## ВВЕДЕНИЕ

Физика – дисциплина, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи, законы ее движения.

Цель изучения физики – формирование знаний физических явлений и законов физики, границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; знакомство с основными физическими величинами, их определение, смысл, способы и единицы измерения; представление фундаментальных физических опытах и их роли в развитии науки; знание о назначении и принципах действия важнейших физических приборов.

Необходимо изучать курс систематически. Изучение физики в сжатые сроки перед экзаменом не даст глубоких и прочных знаний.

Выбрав какое-либо учебное пособие в качестве основного, следует пользоваться им при изучении всего материала (части, раздела). Замена одного пособия другим в процессе изучения может привести к утрате логической связи между отдельными вопросами. Если основное пособие не дает полного или ясного ответа на некоторые вопросы программы, необходимо обращаться к другим учебным пособиям.

При чтении учебного пособия необходимо составлять конспект, в котором следует записывать законы и формулы, их выражающие, определения физических величин и их единиц, делать чертежи и решать типовые задачи. При решении задач пользоваться Международной системой единиц (СИ).

Самостоятельная работа по изучению физики требует систематического контроля. Поэтому после изучения очередного раздела следует ставить вопросы и отвечать на них, опираясь на рабочую программу по курсу физики.

Освоение дисциплины позволяет:

- решать конкретные физические задачи и проблемы с привлечением соответствующего математического аппарата;
- производить и грамотно обрабатывать простейшие измерения основных физических величин;
- формировать базовые знания, умения и навыки для успешного (в т. ч. самостоятельного) освоения различных технологий.

Курс создает фундаментальную базу для дальнейшего изучения общетехнических и специальных дисциплин и для успешной последующей деятельности в качестве дипломированного специалиста – бакалавра.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

*знать:*

- современные физико-математические методы, применяемые в инженерной и исследовательской практике;

*уметь:*

– применять физико-математические методы при моделировании задач в области автоматизации технологических процессов и производств, управления жизненным циклом продукции и её качеством;

*владеть:*

– навыками построения моделей и решения конкретных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, управления жизненным циклом продукции и её качеством.

Дисциплина «Физика» входит в образовательную программу бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении данной дисциплины, используются в дальнейшей профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Физика», студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, выполнять лабораторные работы, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены практические задания. Решение практических задач, обучающимися проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем.

Форма аттестации по дисциплине:

очная форма, второй семестр – зачет;

очная форма, третий семестр – экзамен;

заочная форма, второй семестр – зачет, контрольная работа;

заочная форма, третий семестр – экзамен, контрольная работа.

Промежуточная аттестация во втором семестре проводится в виде зачета. Зачет выставляется по результатам текущего контроля успеваемости при условии выполнения и успешной защиты практических заданий, лабораторных и контрольных работ, по результатам тестирования.

Промежуточной аттестацией по завершению курса является экзамен.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;

- оценочные средства для промежуточной (заключительной) аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины относятся:

- задания и контрольные вопросы к практическим занятиям и лабораторным работам;

- задания к контрольной работе для студентов-заочников.

К оценочным средствам для промежуточной (заключительной) аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, соответственно относятся:

- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;
- получившие положительную оценку при выполнении контрольных работ;

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>Критерий</b>				
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной системой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Физика» содержит четыре раздела. В первом разделе дана структура лекционных занятий, рекомендации по подготовке к лекционным занятиям, во втором – к практическим и в третьем – к лабораторным занятиям. В последнем разделе изложены требования по выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения. Сформированы задачи и критерии оценивания контрольной работы.

## **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Осваивая курс «Физика», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливая их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции, практические занятия и лабораторные работы.

При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены изложению классических принципов и методов областей физики. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет смысл привлекать студентов к обсуждению как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов.

Практические занятия проводятся для закрепления основных теоретических положений курса и реализации их в практических расчетах, формирования и развития у студентов мышления в рамках будущей профессии.

На практических занятиях следует добиваться точного и адекватного владения теоретическим материалом и его применения для решения задач.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствие преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

При изучении курса предусмотрены следующие формы текущего контроля:

- опросы по теоретическому материалу;
- контроль на практических занятиях;
- контроль на лабораторных занятиях;
- выполнение и защита контрольных работ;

Промежуточный контроль осуществляется в форме сдачи зачета во 2 семестре, экзамена в 3 семестре и имеет целью определить степень достижения учебных целей по дисциплине.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов.

### 1.1 Тематический план лекционных занятий

Тематический план лекционных занятий представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия
1	Цели и задачи дисциплины. Кинематика
2	Динамика
3	Энергия
4	Момент импульса и динамика вращательного движения
5	Элементы механики сплошных сред
6	Механические колебания и волны
7	Феноменологическая термодинамика
8	Молекулярно-кинетическая теория
9	Элементы физической кинетики
10	Электростатика
11	Проводники в электрическом поле
12	Диэлектрики в электрическом поле
13	Постоянный электрический ток
14	Магнитостатика
15	Магнитное поле в веществе
16	Электромагнитная индукция
17	Уравнения Максвелла
18	Электромагнитные колебания и волны
19	Интерференция волн
20	Дифракция волн
21	Поляризация волн
22	Квантовые свойства электромагнитного излучения
23	Планетарная модель атома
24	Квантовая механика
25	Квантово-механическое описание атомов и молекул

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

## 1.2 Изучение тем и подготовка к лекционным занятиям

### Тема 1. Цели и задачи дисциплины. Кинематика

#### Ключевые вопросы темы:

1. Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.
2. Основные кинематические характеристики криволинейного движения: скорость и ускорение.
3. Нормальное и тангенциальное ускорение.
4. Кинематика вращательного движения: угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейной скоростью и ускорением

*Ключевые понятия:* скорость, ускорение, криволинейное движение, вращательное движение.

Литература: [5, с. 7—13].

#### Методические рекомендации

Данная тема изучает кинематику - раздел механики, в котором изучается движение материальных тел в пространстве с геометрической точки зрения, вне связи с силами, определяющими это движение.

Под движением точки, механическим движением, понимают изменение положения точки или тела в пространстве. Движение точки или тела происходит в пространстве с изменением времени. При этом пространство предполагается трехмерным евклидовым. Его свойства во всех точках и направлениях одинаковы и не зависят от тел, находящихся в нем, и от их движений. Такое пространство называют абсолютным.

Чтобы характеризовать движение какой-либо точки или тела, нужно сравнить их положение с положением какого-либо другого тела, называемого телом отсчета. В кинематике движение задают относительно какой-либо системы отсчета. Задать движение точки или тела относительно какой-либо системы отсчета – значит дать условия, позволяющие найти положение точки или тела в любой момент времени относительно этой системы отсчета.

Движущаяся точка описывает в пространстве некоторую линию. Эта линия, представляющая собой геометрическое место последовательных положений движущейся точки в рассматриваемой системе отсчета, называется траекторией точки. По виду траектории все движения точки делятся на прямолинейные и криволинейные. Существуют три способа задания движения точки: естественный, векторный и координатный.

При изучении данной темы необходимо рассмотреть определение скорости и ускорения точки. Уделить внимание поступательным и вращательным движениям.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что называется материальной точкой? Почему в механике вводят такую модель?
2. Что такое система отсчета?
3. Что такое вектор перемещения? Всегда ли модуль вектора перемещения равен отрезку пути, пройденному точкой?
4. Какое движение называется поступательным? вращательным?
5. Дайте определения векторов средней скорости и среднего ускорения, мгновенной скорости и мгновенного ускорения. Каковы их направления?
6. Что характеризует тангенциальная составляющая ускорения? нормальная составляющая ускорения? Каковы их модули?
7. Возможны ли движения, при которых отсутствует нормальное ускорение? тангенциальное ускорение? Приведите примеры.
8. Что называется угловой скоростью? угловым ускорением? Как определяются их направления?
9. Какова связь между линейными и угловыми величинами?

### **Тема 2. Динамика**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Инерциальные системы отсчета и первый закон Ньютона.
2. Второй закон Ньютона.
3. Масса, импульс, сила.
4. Уравнение движения материальной точки.
5. Третий закон Ньютона и закон сохранения импульса.
6. Закон всемирного тяготения.
7. Силы трения.

*Ключевые понятия:* инерциальные системы отсчета, законы Ньютона, масса, импульс, сила.

Литература: [5, с.14 - 22].

#### **Методические рекомендации**

Движение тел возникает и изменяется в результате взаимодействия. Взаимодействие может осуществляться как между непосредственно соприкасающимися телами или частицами вещества, так и удаленными друг от друга через так называемое физическое поле. Мерой механического взаимодействия тел является векторная величина, которая называется силой. Измерение силы можно проводить статическими и динамическими способами

В основе динамики лежат три закона Ньютона, сформулированные в 1687 г. в его знаменитой работе «Математические начала натуральной философии». В данной теме рассмотрим последовательно эти законы.

Необходимо изучить закон всемирного тяготения и понятие силы тяжести.

Рассмотреть силы упругости, силу трения, движение тела по окружности, а также вес тела и невесомость.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какая система отсчета называется инерциальной? Почему система отсчета, связанная с Землей, неинерциальная?
2. Что такое сила? Как ее можно охарактеризовать?
3. Является ли первый закон Ньютона следствием второго закона Ньютона? Почему?
4. В чем заключается принцип независимости действия сил?
5. Какова физическая сущность трения? В чем отличие сухого трения от жидкого? Какие виды внешнего (сухого) трения вы знаете?
6. Что называется механической системой? Какие системы являются замкнутыми? Является ли Вселенная замкнутой системой? Почему?
7. В чем заключается закон сохранения импульса? В каких системах он выполняется? Почему он является фундаментальным законом природы?
8. Каким свойством пространства обуславливается справедливость закона сохранения импульса?
9. Что называется центром масс системы материальных точек? Как движется центр масс замкнутой системы?

### **Тема 3. Энергия**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Сила, работа и потенциальная энергия.
2. Консервативные и неконсервативные силы.
3. Работа и кинетическая энергия.
4. Закон сохранения полной механической энергии в поле потенциальных сил.

*Ключевые понятия:* сила, работа, потенциальная и кинетическая энергия, закон сохранения энергии, соударение.

Литература: [5, с.23 - 33].

#### **Методические рекомендации**

Энергия – это универсальная мера различных форм движения и взаимодействия. С различными формами движения материи связывают различные формы энергии: механическую, тепловую, электромагнитную, ядерную. Изменение механического движения тела вызывается силами, действующими на него со стороны других тел.

Консервативной (потенциальной) называют силу, работа которой определяется только начальным и конечным положениями тела и не зависит от формы пути. Консервативными силами являются силы тяготения, упругости.

Все центральные силы консервативны. Примером неконсервативных сил являются силы трения.

Работа силы – это количественная характеристика процесса обмена энергией между взаимодействующими телами.

Чтобы охарактеризовать скорость совершения работы, вводят понятие мощности.

Необходимо изучить понятие кинетической и потенциальной энергии. Рассмотреть закон сохранения энергии и понятие соударения.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. В чем различие между понятиями энергии и работы?
2. Какую работу совершает равнодействующая всех сил, приложенных к телу, равномерно движущемуся по окружности?
3. Что такое мощность? Выведите ее формулу.
4. Дайте определения и выведите формулы для известных видов механической энергии.
5. Какова связь между силой и потенциальной энергией?
6. Чем обусловлено изменение потенциальной энергии?
7. Необходимо ли условие замкнутости системы для выполнения закона сохранения механической энергии?
8. В чем заключается закон сохранения механической энергии? Для каких систем он выполняется?
9. В чем физическая сущность закона сохранения и превращения энергии? Почему он является фундаментальным законом природы?
10. Чем отличается абсолютно упругий удар от абсолютно неупругого?

#### **Тема 4. Момент импульса и динамика вращательного движения**

##### **Ключевые вопросы темы:**

1. Момент импульса материальной точки и механической системы.
2. Момент силы.
3. Уравнение моментов.
4. Закон сохранения момента импульса механической системы.
5. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела с закрепленной осью вращения.
6. Момент импульса тела.
7. Момент инерции.
8. Теорема Штейнера.
9. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела.

*Ключевые понятия:* момент импульса, момент силы, момент инерции, теорема Штейнера, кинетическая энергия вращающегося твердого тела.

Литература: [5, с. 34 - 45].

### **Методические рекомендации**

В данной теме необходимо изучить момент инерции материальной точки и системы относительно оси вращения. Момент инерции тела зависит от того, относительно какой оси оно вращается и как распределена масса тела по объёму.

Если известен момент инерции тела относительно оси, проходящей через его центр масс, то момент инерции относительно любой другой параллельной оси определяется теоремой Штейнера.

Рассмотреть понятие момента силы относительно неподвижной точки и неподвижной оси.

В данном разделе особое внимание уделяется основному уравнению динамики вращательного движения твёрдого тела.

Изучить понятие момента импульса (количества движения) материальной точки и твёрдого тела.

Уделить внимание фундаментальному закону природы - закону сохранения момента импульса. Он является следствием изотропности пространства: инвариантность физических законов относительно выбора направления осей координат системы отсчёта.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое момент инерции тела?
2. Какова роль момента инерции во вращательном движении?
3. Сформулируйте и поясните теорему Штейнера.
4. Что называется моментом силы относительно неподвижной точки? относительно неподвижной оси? Как определяется направление момента силы?
5. Выведите и сформулируйте уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела.
6. Что такое момент импульса материальной точки? твёрдого тела? Как определяется направление вектора момента импульса?
7. В чем заключается физическая сущность закона сохранения момента импульса? В каких системах он выполняется? Приведите примеры.
8. Каким свойством симметрии пространства обуславливается справедливость закона сохранения момента импульса? Сопоставьте основные уравнения динамики поступательного и вращательного движений, прокомментировав их аналогию.

### **Тема 5. Элементы механики сплошных сред**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Общие свойства жидкостей и газов

2. Стационарное течение идеальной жидкости
3. Уравнение Бернулли
4. Идеально упругое тело
5. Упругие напряжения и деформации
6. Закон Гука. Модуль Юнга.

*Ключевые понятия:* давление, вязкость, упругое тело, уравнение Бернулли, деформация, напряжение, закон Гука, режимы течения жидкости.

Литература: [5, с. 57 - 66].

### **Методические рекомендации**

Реальные тела не являются абсолютно упругими. В данной теме необходимо изучить понятие деформации твёрдого тела. Рассмотреть упругие напряжения и деформации. Для малых деформаций относительная деформация пропорциональна напряжению. Ввести понятия коэффициента пропорциональности (модуль упругости), который численно равен напряжению, которое возникает при относительной деформации, равной единице. Для случая одностороннего растяжения (сжатия) модуль упругости называется модулем Юнга. Рассмотреть закон Гука.

Освоить элементы механики жидкостей. Свойства жидкостей и газов во многом отличаются. Молекулы газа, совершая хаотическое движение, равномерно заполняют весь предоставленный им объём. В жидкостях, в отличие от газов, среднее расстояние между молекулами остаётся практически постоянным. Жидкость, сохраняя объём, принимает форму сосуда, в котором она заключена.

Однако в ряде случаев, когда жидкости и газы можно рассматривать как сплошную среду, их поведение описывается одинаковыми законами – законами гидроаэромеханики. Поэтому пользуются единым термином "жидкость".

В физике используется физическая модель несжимаемой жидкости – жидкости, плотность которой всюду одинакова и не меняется со временем.

Дать определение давлению жидкости. Обратит внимание на уравнение неразрывности, а также на уравнение Бернулли – выражение закона сохранения энергии применительно к установившемуся течению идеальной жидкости.

Рассмотреть виды режимов течения жидкости и методы определения вязкости.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое давление в жидкости? Давление — величина векторная или скалярная? Какова единица давления в СИ?
2. Сформулируйте и поясните законы Паскаля и Архимеда.
3. Что характерно для установившегося течения жидкости?

4. Каков физический смысл уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости и как его вывести?
5. Выведите уравнение Бернулли.
6. Как в потоке жидкости измерить статическое давление? динамическое давление? полное давление?
7. Что такое градиент скорости?
8. Каков физический смысл коэффициента динамической вязкости?
9. Какое течение жидкости называется ламинарным? турбулентным? Что характеризует число Рейнольдса?

## **Тема 6. Механические колебания и волны**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Идеальный гармонический осциллятор. Уравнение идеального осциллятора и его решение.
2. Амплитуда, частота и фаза колебания. Примеры колебательных движений различной физической природы.
3. Волновое движение. Плоская гармоническая волны. Длина волны, волновое число, фазовая скорость. Уравнение волны

*Ключевые понятия:* гармонический осциллятор, амплитуда, частота, фаза колебания, волновые процессы.

Литература: [5, с.253 - 293].

### **Методические рекомендации**

В данной теме необходимо ознакомиться с общим подходом к изучению колебаний различной физической природы. Рассмотреть гармонические колебания и их характеристики.

Ознакомиться с решением дифференциального уравнения гармонических колебаний. Гармонические колебания изображаются графически методом вращающегося вектора амплитуды или методом векторных диаграмм. Изучить экспоненциальную форму записи гармонических колебаний.

Рассмотреть идеальный гармонический осциллятор. Примерами гармонического осциллятора являются пружинный, математический и физический маятники. Рассмотреть понятие резонанса.

В данной теме так же обязательно изучить волновой процесс. Если возбудить колебания в какой-либо точке среды (твёрдой, жидкой или газообразной) то, вследствие взаимодействия между частицами среды, эти колебания будут передаваться от одной точки среды к другой со скоростью, зависящей от свойств среды.

При рассмотрении колебаний не учитывается детальное строение среды; среда рассматривается как сплошная, непрерывно распределённая в пространстве и обладающая упругими свойствами.

Среда называется линейной, если её свойства не изменяются под действием возмущений, создаваемых колебаниями.

Волновым процессом или волной называется процесс распространения колебаний в сплошной среде. Ввести понятия длины волны, волнового числа, фазовой скорости. Рассмотреть уравнение плоской волны.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какое движение называется колебательным?
2. Что называют амплитудой, периодом, фазой колебания?
3. Как период колебания маятника зависит от амплитуды при малых амплитудах?
4. Что называется математическим маятником?
5. Как называется явление резкого возрастания амплитуды колебаний? При каком условии оно наступает?
6. Как определяется декремент затухания?
7. Что называется добротностью колебательной системы.
8. Какие процессы называются волновыми?
9. Какие типы волн вы знаете?
10. Что представляет собой волновое уравнение.

## **Тема 7. Феноменологическая термодинамика**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Термодинамическое равновесие и температура. Нулевое начало термодинамики.
2. Эмпирическая температурная шкала. Квазистатические процессы.
3. Уравнение состояния в термодинамике.
4. Обратимые и необратимые процессы.
5. Первое начало термодинамики.
6. Теплоемкость. Уравнение Майера.
7. Изохорический, изобарический, изотермический, адиабатический процессы в идеальных газах.
8. Преобразование теплоты в механическую работу.
9. Цикл Карно и его коэффициент полезного действия.
10. Энтропия.
11. Второе начало термодинамики.

*Ключевые понятия:* давление, температура объем, теплоемкость изопроцессы, первое начало термодинамики, второе начало термодинамики, энтропия, цикл Карно, КПД.

Литература: [5, с. 99-115].

### **Методические рекомендации**

В данной теме необходимо изучить интенсивные и экстенсивные свойства вещества. Особое внимание уделить основным параметрам состояния термодинамической системы: абсолютной температуре, абсолютному давлению и удельному объему (или плотности) тела.

Рассмотреть уравнение Менделеева–Клапейрона для идеальных газов, ввести понятие универсальной газовой постоянной.

Студент должен понять особенности применения в термодинамике общего закона сохранения и превращения энергии.

Уяснить принципиальную разницу между внутренней энергией, однозначно определяемой данным состоянием рабочего тела, а также работой и теплотой, которые появляются лишь при наличии процесса перехода рабочего тела из одного состояния в другое и, следовательно, зависят от характера этого процесса (первое начало термодинамики).

Из экспериментальных опытов известно, что сообщение разным телам одинакового количества теплоты приводит к нагреванию их до различной разности температур. Поэтому необходимо ввести и изучить характеристику, называемую теплоемкостью. Необходимо ознакомиться с теплоемкостью при постоянном давлении и с теплоемкостью при постоянном объеме. Рассмотреть их соотношение (закон Майера).

Изучить понятие энтропии. Рассмотреть равновесные, неравновесные, обратимые и необратимые процессы. Особое внимание уделить второму закону термодинамики.

Непрерывное получение работы за счет подведения теплоты возможно только в цикле и невозможно в разомкнутом процессе. Поэтому тщательно изучите все вопросы, относящиеся к циклам, особенно к циклу Карно, который имеет большое значение в термодинамике. С его помощью выводят все аналитические зависимости. Формула для КПД цикла Карно, по существу, также является техническим выражением существа второго закона термодинамики в применении к тепловым машинам.

Для успешного решения различных задач, связанных с водяным паром, научитесь схематично изображать основные процессы (изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный) и диаграммы.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Сформулируйте понятие идеального газа.
2. Запишите уравнение состояния газа.
3. Как определяется работа газа для различных процессов.
4. Какие виды теплоемкости вы знаете?

5. Что представляет собой внутренняя энергия газа.
6. Сформулируйте 1-е начало термодинамики.
7. Сформулируйте 1-е начало термодинамики для изопроцессов.
8. Запишите уравнение Пуассона для адиабатического процесса.

## **Тема 8. Молекулярно-кинетическая теория**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Давление газа с точки зрения МКТ.
2. Теплоемкость и число степеней свободы молекул газа.
3. Распределение Максвелла для скорости молекул идеального газа.
4. Экспериментальное обоснование распределения Максвелла.
5. Распределение Больцмана и барометрическая формула.

*Ключевые понятия:* теплоемкость, число степеней свободы, распределение Максвелла, распределение Больцмана, барометрическая формула.

Литература: [5, с. 81-98].

### **Методические рекомендации**

Статистический (молекулярно-кинетический) метод – это метод исследования систем из большого числа частиц, оперирующий статистическими закономерностями и средними (усреднёнными) значениями физических величин, характеризующих всю систему.

Этот метод лежит в основе молекулярной физики – раздела физики, изучающего строение и свойства вещества исходя из молекулярно-кинетических представлений, основывающихся на том, что все тела состоят из атомов, молекул или ионов, находящихся в непрерывном хаотическом движении.

В данной теме будем использовать термин "молекула", имея ввиду мельчайшую структурную единицу (элемент) данного вещества.

Необходимо рассмотреть основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов и давление газа с точки зрения МКТ.

В газе, находящемся в состоянии равновесия при данной температуре, устанавливается некоторое стационарное, не меняющееся со временем, распределение молекул по скоростям. Это распределение описывается функцией, называемой функцией распределения молекул по скоростям (распределение Максвелла).

Необходимо понять суть распределения Больцмана. Вывести закон изменения давления с высотой и выразить барометрическую формулу.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему термодинамический и статистический (молекулярно-

кинетический) методы исследования макроскопических систем качественно различны и взаимно дополняют друг друга?

2. В чем содержание и какова цель вывода основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов?

3. Каков физический смысл распределения молекул по скоростям? по энергиям?

4. Как, зная функцию распределения молекул по скоростям, перейти к функции распределения по энергиям?

5. Как определяется наиболее вероятная скорость? средняя скорость?

6. В чем суть распределения Больцмана?

7. Зависит ли средняя длина свободного пробега молекул от температуры газа? Почему?

8. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул с увеличением давления?

## **Тема 9. Элементы физической кинетики**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Явления переноса.

2. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.

3. Броуновское движение

*Ключевые понятия:* броуновское движение, диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.

Литература: [5, с. 92-96].

### **Методические рекомендации**

В данной теме необходимо изучить необратимые процессы в термодинамически неравновесных системах, в которых происходит пространственный перенос энергии (теплопроводность), массы (диффузия), импульса (внутреннее трение).

Если в одной области газа средняя кинетическая энергия молекул больше, чем в другой, то с течением времени вследствие постоянных столкновений молекул происходит процесс выравнивания средних кинетических энергий молекул – выравнивание температур. Необходимо ввести понятие теплопроводности. Перенос энергии (в форме теплоты) описывается законом Фурье, который необходимо изучить.

Рассмотреть явление переноса массы – диффузию. Изучить понятие внутреннего трения.

Внешнее сходство математических выражений, описывающих явления переноса, обусловлено общностью лежащего в основе явлений теплопроводности, диффузии и внутреннего трения молекулярного механизма перемешивания молекул в процессе их хаотического движения.

Изучить понятие броуновского движения и рассмотреть подтверждение гипотезы о хаотическом тепловом движении молекул.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. В чем сущность явлений переноса? Каковы они и при каких условиях возникают?
2. Объясните физическую сущность законов Фурье, Фика, Ньютона.
3. Объясните опыт Штерна.
4. Что представляет собой понятие внутреннего трения?

**Тема 10. Электростатика**

**Ключевые вопросы темы:**

1. Закон Кулона
2. Напряженность и потенциал электростатического поля.
3. Теорема Гаусса в интегральной форме и ее применение для расчета электрических полей.

*Ключевые понятия:* электрический заряд, закон Кулона, напряженность и потенциал электростатического поля, теорема Гаусса.

Литература: [5, с. 146-160].

**Методические рекомендации**

Электростатика – раздел учения об электричестве, изучающий взаимодействие неподвижных электрических зарядов и свойства постоянного электрического поля. В электростатике используется физическая модель – точечный электрический заряд – заряженное тело, форма и размеры которого несущественны в данной задаче.

В данной теме необходимо рассмотреть закон взаимодействия точечных зарядов – закон Кулона. Изучить линейную, поверхностную и объёмную плотности зарядов.

Изучить понятие электростатического поля. Электростатическое поле описывается двумя величинами: потенциалом (энергетическая скалярная характеристика поля) и напряжённостью (силовая векторная характеристика поля). Рассмотреть их связь.

Рассмотреть принцип суперпозиции электростатических полей. Вычисление напряжённости поля системы электрических зарядов с помощью принципа суперпозиции электростатических полей можно значительно упростить, используя теорему Гаусса.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. В чем заключается закон сохранения заряда? Приведите примеры проявления закона.

2. Запишите, сформулируйте и объясните закон Кулона.
3. Какие поля называют электростатическими?
4. Что такое напряженность электростатического поля?
5. Каково направление вектора напряженности? Единица напряженности в СИ.
6. Что такое поток вектора? Единица его в СИ?
7. Какова связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля? Выведите ее и объясните. Каков физический смысл этих понятий?

### **Тема 11. Проводники в электрическом поле**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Равновесие зарядов в проводнике
2. Основная задача электростатики проводников
3. Эквипотенциальные поверхности и силовые линии электростатического поля между проводниками
4. Электростатическая защита
5. Емкость проводников и конденсаторов
6. Энергия заряженного конденсатора

*Ключевые понятия:* заряд, проводники, конденсаторы, электростатическое поле.

Литература: [5, с.167-175].

#### **Методические рекомендации**

В данной теме необходимо рассмотреть проводники в электростатическом поле. Рассмотреть понятие электроемкости уединённого проводника. Изучить систему из двух проводников, называемую конденсатором.

Уделить внимание энергии заряженных уединённого проводника и конденсатора.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что характеризует электрическая емкость проводника, от чего она зависит?
2. Что представляет собой конденсатор? Из каких соображений выбирается геометрия его обкладок? Как рассчитывается емкость батареи конденсаторов при их параллельном и последовательном соединениях?
3. Как определяется энергия уединенного проводника, заряженного конденсатора?
4. Три одинаковых конденсатора один раз соединены последовательно, другой — параллельно. Во сколько раз и когда емкость батареи будет больше?

5. Выведите формулы для энергии заряженного конденсатора, выражая ее через заряд на обкладках конденсатора и через напряженность поля.

## **Тема 12. Диэлектрики в электрическом поле**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Электрическое поле диполя
2. Диполь во внешнем электрическом поле
3. Поляризация диэлектриков
4. Вектор электрического смещения (электрической индукции)
5. Диэлектрическая проницаемость вещества
6. Электрическое поле в однородном диэлектрике

*Ключевые понятия:* диполь, поляризация, диэлектрики, электрическое смещение, диэлектрическая проницаемость.

Литература: [5, с.160-167].

### **Методические рекомендации**

Ввести понятие диэлектриков. Изучить электростатическое поле в диэлектрической среде. Соответственно трём видам диэлектриков различают три вида поляризации.

Рассмотреть диэлектрическую проницаемость среды. Изучить понятие электрического смещения. Обратить внимание на вектор электрического смещения (электрической индукции), который вводится с учётом поляризационных свойств диэлектриков.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое поляризованность?
2. Что показывает диэлектрическая проницаемость среды?
3. Выведите связь между диэлектрическими восприимчивостью вещества и проницаемостью среды.
4. В чем различие поляризации диэлектриков с полярными и неполярными молекулами?
5. Сформулируйте теорему Гаусса для электростатического поля в диэлектрике.

## **Тема 13. Постоянный электрический ток**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Сила и плотность тока.
2. Уравнение непрерывности для плотности тока.
3. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.
4. Закон Джоуля-Ленца.
5. Электродвижущая сила источника тока.

## 6. Правила Кирхгофа

*Ключевые понятия:* сила тока, плотность тока, электродвижущая сила, сопротивление, проводимость, закон Ома, закон Джоуля-Ленца, правила Кирхгофа.

Литература: [5, с. 177-185].

### **Методические рекомендации**

В данной теме рассматриваются явления и процессы, обусловленные движением электрических зарядов или макроскопических заряженных тел. Важнейшим является понятие электрического тока. Рассмотреть электрическую цепь, плотность тока, единицы измерения, ЭДС и напряжение. Изучить закон Ома для участка и для полной цепи. Ввести понятия сопротивление и проводимость. Уяснить закон Джоуля–Ленца. Рассмотреть первый и второй законы Кирхгофа.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что называют силой тока? плотностью тока? Каковы их единицы? Дать определения.
2. Назовите условия возникновения и существования электрического тока.
3. Что такое сторонние силы? Какова их природа?
4. В чем заключается физический смысл электродвижущей силы, действующей в цепи? напряжения? разности потенциалов?
5. Почему напряжение является обобщенным понятием разности потенциалов?
6. Какова связь между сопротивлением и проводимостью, удельным сопротивлением и удельной проводимостью?
7. В чем заключается явление сверхпроводимости? Каковы его перспективы?
8. На чем основано действие термометров сопротивления?
9. Выведите законы Ома и Джоуля–Ленца в дифференциальной форме.
10. Как формулируются правила Кирхгофа? На чем они основаны?
11. Как составляются уравнения, выражающие правила Кирхгофа?

## **Тема 14. Магнитостатика**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Магнитное взаимодействие постоянных токов
2. Вектор магнитной индукции
3. Закон Ампера
4. Сила Лоренца
5. Движение зарядов в электрических и магнитных полях.

6. Закон Био-Савара-Лапласа

7. Теорема о циркуляции (закон полного тока).

*Ключевые понятия:* вектор магнитной индукции, закон Ампера, сила Лоренца, магнитное поле, закон полного тока.

Литература: [5, с. 202-218].

### **Методические рекомендации**

Необходимо ознакомиться с понятием магнитного поля и причиной его возникновения. Познакомиться с магнитными полями прямого проводника с током, кругового тока и в соленоиде.

Рассмотреть основные характеристики магнитного поля-вектор магнитной индукции и напряженность магнитного поля. Ознакомиться с методами определения этих характеристик (закон Био-Савара-Лапласа, закон полного тока).

Ввести понятие магнитного взаимодействия постоянных токов. Ознакомиться с законом Ампера. Рассмотреть поведение частиц, движущихся в магнитном поле (сила Лоренца)

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Как, пользуясь магнитной стрелкой, можно определить знаки полюсов источников постоянного тока?

2. Чему равен и как направлен магнитный момент рамки с током?

3. Что называют индукцией магнитного поля?

4. Нарисуйте и покажите, как ориентированы линии магнитной индукции поля прямого тока?

5. Записав закон Био-Савара-Лапласа, объясните его физический смысл.

6. Рассчитайте, применяя закон Био-Савара-Лапласа, магнитное поле: 1) прямого тока; 2) в центре кругового проводника с током.

7. Определите числовое значение магнитной постоянной.

8. Почему движущийся заряд по своим магнитным свойствам эквивалентен элементу тока?

9. Чему равна и как направлена сила, действующая на отрицательный электрический заряд, движущийся в магнитном поле?

10. Чему равна работа силы Лоренца при движении протона в магнитном поле? Ответ обосновать.

## **Тема 15. Магнитное поле в веществе**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Магнитное поле и магнитный дипольный момент кругового тока.

2. Намагничивание магнетиков.

3. Напряженность магнитного поля.

4. Магнитная проницаемость.

5. Классификация магнетиков.

*Ключевые понятия:* магнитное поле, магнетики, магнитная проницаемость.

Литература: [5, с. 234-245].

### **Методические рекомендации**

В данной теме рассмотреть понятия магнитных полей в веществе, напряженность магнитного поля, магнитная проницаемость. Детально изучить классификацию магнетиков: ферромагнетики, парамагнетики, диамагнетики.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему орбитальные магнитный и механический моменты электрона в атоме противоположно направлены?

2. Из каких магнитных моментов складывается магнитный момент атома?

3. Что такое диамагнетики? парамагнетики? В чем различие их магнитных свойств?

4. Что такое намагниченность? Какая величина может служить ее аналогом в электростатике?

5. Запишите и объясните соотношения между магнитными проницаемостью и восприимчивостью для парамагнетика; для диамагнетика.

6. Выведите соотношение между векторами магнитной индукции, напряженности магнитного поля и намагниченности.

## **Тема 16. Электромагнитная индукция**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Феноменология электромагнитной индукции.

2. Правило Ленца.

3. Уравнение электромагнитной индукции.

4. Самоиндукция

5. Индуктивность соленоида

6. Включение и отключение катушки от источника постоянной ЭДС

7. Энергия магнитного поля

*Ключевые понятия:* электромагнитная индукция, ЭДС, самоиндукция, правило Ленца, индукционный ток.

Литература: [5, с. 221-233].

### **Методические рекомендации**

Ознакомиться с понятием электромагнитной индукции. Ввести закон электромагнитной индукции. Рассмотреть явления самоиндукции и взаимной индукции. Особое внимание уделить энергии магнитного поля.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что является причиной возникновения ЭДС индукции в замкнутом проводящем контуре? От чего и как зависит ЭДС индукции, возникающая в контуре?
2. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
3. Почему для обнаружения индукционного тока лучше использовать замкнутый проводник в виде катушки, а не в виде одного витка провода?
4. Сформулируйте правило Ленца, проиллюстрировав его примерами.
5. Как направлен индукционный ток?
6. Всегда ли при изменении магнитной индукции в проводящем контуре в нем возникает ЭДС индукции? индукционный ток?
7. Возникает ли индукционный ток в проводящей рамке, поступательно движущейся в однородном магнитном поле?
8. Какова природа ЭДС электромагнитной индукции?
9. В чем заключается физический смысл индуктивности контура? взаимной индуктивности двух контуров? От чего они зависят?

### **Тема 17. Уравнения Максвелла**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Система уравнений Максвелла в интегральной форме и физический смысл входящих в нее уравнений.

*Ключевые понятия:* вихревое электрическое поле, уравнения Максвелла.  
Литература: [5, с. 246-252].

### **Методические рекомендации**

В данной теме рассмотреть система уравнений Максвелла в интегральной форме и объяснить физический смысл входящих в нее уравнений.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что является причиной возникновения вихревого электрического поля? Чем оно отличается от электростатического поля?
2. Запишите полную систему уравнений Максвелла в интегральной форме и объясните ее физический смысл.
3. Почему уравнения Максвелла в интегральной форме являются более общими?
4. Какие основные выводы можно сделать на основе теории Максвелла?

## **Тема 18. Электромагнитные колебания и волны**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Свободные колебания в колебательном контуре.
2. Вынужденные колебания в колебательном контуре.
3. Резонанс токов.
4. Переменный ток. Мощность переменного тока.
5. Волновое уравнение для электромагнитной волны. Электромагнитная волна и ее свойства.
6. Энергия, импульс и давление электромагнитных волн.

*Ключевые понятия:* свободные колебания, вынужденные колебания, резонанс, электромагнитные волны.

Литература: [5, с. 253-301].

### **Методические рекомендации**

Рассмотреть колебательный контур (гармонические, затухающие и вынужденные колебания). Ввести понятие резонанса и электромагнитной волны. Рассмотреть скорость ее распространения

Уяснить каковы физические процессы приводят к возможности существования электромагнитных волн.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему возможен единый подход при изучении колебаний различной физической природы?
2. Что такое вынужденные колебания? Запишите дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и решите его. Проведите их анализ для электромагнитных колебаний.
3. От чего зависит амплитуда вынужденных колебаний? Запишите выражение для амплитуды и фазы при резонансе.
4. Что называется резонансом? Какова его роль?
5. Что такое электромагнитная волна? Какова скорость ее распространения?
6. Что может служить источником электромагнитных волн?
7. Каковы физические процессы, приводящие к возможности существования электромагнитных волн?
8. Как можно представить себе шкалу электромагнитных волн, и каковы источники излучения разных видов волн?

## **Тема 19. Интерференция волн**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Интерференционное поле от двух точечных источников
2. Опыт Юнга

### 3. Интерференция в тонких пленках

*Ключевые понятия:* интерференция, опыт Юнга.

Литература: [5, с. 315-330].

#### **Методические рекомендации**

Узнать явление интерференции. Рассмотреть интерференцию волн от двух щелей (метод Юнга), в тонких пленках.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему интерференцию можно наблюдать от двух лазеров и нельзя от двух электроламп?

2. Как изменится интерференционная картина в опыте Юнга, если эту систему поместить в воду?

3. Освещая тонкую пленку из прозрачного материала монохроматическим светом, падающим нормально к поверхности пленки, на ней наблюдают параллельные чередующиеся равноудаленные темные и светлые полосы. Одинакова ли толщина отдельных участков пленки?

### **Тема 20. Дифракция волн**

#### **Ключевые вопросы темы:**

1. Принцип Гюйгенса-Френеля

2. Дифракция Френеля на простейших преградах

3. Дифракция Фраунгофера

4. Дифракционная решетка как спектральный прибор

*Ключевые понятия:* дифракция, дифракционная решетка, принцип Гюйгенса-Френеля, дифракция Фраунгофера.

Литература: [5, с. 331-347].

#### **Методические рекомендации**

Ввести понятие явления дифракции. Изучить принцип Гюйгенса-Френеля. Рассмотреть дифракцию Френеля на простейших преградах и дифракция Фраунгофера, а также изучить дифракционную решетку.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему дифракция звука повседневно более очевидна, чем дифракция света?

2. Каковы дополнения Френеля к принципу Гюйгенса?

3. Что позволил объяснить принцип Гюйгенса — Френеля?

4. Когда наблюдается дифракция Френеля? дифракция Фраунгофера?

5. Почему дифракция не наблюдается на больших отверстиях и больших дисках?

6. Почему дифракционная решетка разлагает белый свет в спектр?
7. Как определить наибольший порядок спектра дифракционной решетки?

## **Тема 21. Поляризация волн**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Форма и степень поляризации монохроматических волн
2. Получение и анализ линейно-поляризованного света
3. Линейное двойное лучепреломление
4. Прохождение света через линейные фазовые пластинки

*Ключевые понятия:* поляризация, лучепреломление.

Литература: [5, с. 357-368].

### **Методические рекомендации**

Ввести понятие явления поляризации света. Рассмотреть способы возникновения поляризации света. Изучить линейное двойное лучепреломление и прохождение света через линейные фазовые пластинки, рассмотреть изменение интенсивности света за поляризатором при его вращении вокруг пучка естественного света (закон Малюса).

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Возможна ли поляризация для продольных волн? Почему?
2. Что называется естественным светом? плоскополяризованным светом? частично поляризованным светом? эллиптически поляризованным светом?
3. Как изменяется интенсивность света за поляризатором при его вращении вокруг пучка естественного света?
4. Интенсивность естественного света, пропущенного через два поляризатора, уменьшилась вдвое. Как ориентированы поляризаторы?

## **Тема 22. Квантовые свойства электромагнитного излучения**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Излучение нагретых тел.
2. Спектральные характеристики теплового излучения.
3. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина.
4. Абсолютно черное тело.
5. Формула Релея–Джинса и «ультрафиолетовая катастрофа». Гипотеза Планка.
6. Квантовое объяснение законов теплового излучения
7. Корпускулярно-волновой дуализм света.

*Ключевые понятия:* излучение, абсолютно черное тело, функция Кирхгофа, закон Стефана – Больцмана, закон Вина, ультрафиолетовая катастрофа.

Литература: [5, с. 369-388].

### **Методические рекомендации**

Рассмотреть понятие теплового излучения и его спектральные характеристики. Изучить законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Ввести понятие абсолютно черного тела. Изучить формулы Релея - Джинса и Планка. Рассмотреть явление корпускулярно-волнового дуализма света.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Чем отличается серое тело от черного?
2. В чем заключается физический смысл универсальной функции Кирхгофа?
3. Как и во сколько раз изменится энергетическая светимость черного тела, если его термодинамическая температура уменьшится вдвое?
4. Используя формулу Планка, найдите постоянную Стефана — Больцмана.
5. При каких условиях из формулы Планка получаются закон смещения Вина и формула Рэлея — Джинса?

## **Тема 23. Планетарная модель атома**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Модель атома Томсона
2. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц
3. Ядерная модель атома
4. Эмпирические закономерности в атомных спектрах
5. Формула Бальмера

*Ключевые понятия:* модель атома Томсона, опыты Резерфорда, альфа-частицы, ядерная модель атома, атомные спектры, формула Бальмера.

Литература: [5, с. 390-397].

### **Методические рекомендации**

Изучить историю возникновения планетарной модели атома. Рассмотреть закономерности в атомных спектрах (серия Бальмера).

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему из различных серий спектральных линий атома водорода первой была изучена серия Бальмера?

2. Какой смысл имеют числа  $n$  и  $m$  в обобщенной формуле Бальмера?
3. Разъясните смысл постулатов Бора. Как с их помощью объясняется линейчатый спектр атома?
4. Почему спектр поглощения атома водорода содержит только серию Лаймана?

## **Тема 24. Квантовая механика**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Гипотеза де Бройля
2. Опыты Дэвиссона и Джермера
3. Дифракция микрочастиц
4. Принцип неопределенности Гейзенберга
5. Волновая функция, ее статистический смысл и условия, которым она должна удовлетворять
6. Уравнение Шредингера
7. Квантовая частица в одномерной потенциальной яме.
8. Одномерный потенциальный порог и барьер
9. Квантовый осциллятор

*Ключевые понятия:* квантовая механика, потенциальный порог, потенциальная яма, туннельный эффект, квантовый осциллятор, волновая функция.

Литература: [5, с. 398-417].

### **Методические рекомендации**

В данной теме необходимо рассмотреть происхождение квантовой теории. Ввести понятие волны де Бройля. Рассмотреть опыты Дэвиссона и Джермера. Ввести понятие волновой функции, ее статистический смысл и условия, которым она должна удовлетворять. Рассмотреть уравнение Шредингера и его применение в простых задачах: квантовая частица в одномерной потенциальной яме, одномерный потенциальный порог и барьер. Рассмотреть осциллятор в квантовой физике.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему квантовая механика является статистической теорией?
2. В чем отличие понимания причинности в классической и квантовой механике?
3. Какова наименьшая энергия частицы в «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками»?
4. Какими свойствами микрочастиц обусловлен туннельный эффект?

5. В чем отличие поведения классической и квантовой частиц с энергией  $E < U$  при их движении к прямоугольному потенциальному барьеру конечной ширины?

6. Как изменится коэффициент прозрачности потенциального барьера с увеличением его ширины в два раза?

7. Чему равна разность энергий между четвертым и вторым энергетическими уровнями квантового осциллятора?

8. Может ли частица находиться на дне «потенциальной ямы»? Определяется ли это формой «ямы»?

9. Зависит ли распределение энергетических уровней от формы «потенциальной ямы»?

10. В чем отличие квантово-механического и классического описания гармонического осциллятора? В выводах этих описаний?

## **Тема 25. Квантово-механическое описание атомов и молекул**

### **Ключевые вопросы темы:**

1. Стационарное уравнение Шредингера для атома водорода
2. Волновые функции и квантовые числа
3. Правила отбора для квантовых переходов
4. Опыт Штерна и Герлаха
5. Эффект Зеемана

*Ключевые понятия:* квантовое число, квантовый переход, волновые функции, уравнение Шредингера, закон Зеемана.

Литература: [5, с. 418-439].

### **Методические рекомендации**

Уяснить понятия квантовых чисел. Рассмотреть решения уравнения Шредингера и закон Зеемана.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что характеризуют квантовые числа: главное, орбитальное, спин и магнитное? Какие значения они могут принимать?
2. Каковы правила отбора для квантовых переходов?
3. Каковы правила квантования орбитального механического и собственного механического моментов импульса электрона? их проекций на направление внешнего магнитного поля?
4. В чем суть принципа неразличимости тождественных частиц?

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков в области физики.

Практические занятия по дисциплине «Физика» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой практического занятия.

### 2.1 Тематический план практических занятий

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического занятия
1	Кинематика материальной точки и тела
2	Динамика материальной точки и тела
3	Законы сохранения импульса и энергии в механике
4	Момент импульса и динамика вращения твердого тела вокруг неподвижной оси
5	Механические колебания и волны
6	Основные положения термодинамики
7	Основные положения молекулярно-кинетической теории
8	Основные понятия электростатики
9	Расчет электрических полей распределенного заряда. Теорема Гаусса
10	Электрическая емкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля
11	Законы постоянного тока
12	Основные положения магнитостатики
13	Электромагнитная индукция
14	Электромагнитные колебания
15	Электромагнитные волны
16	Интерференция света
17	Дифракция света
18	Поляризация волн.
19	Квантовые свойства электромагнитного излучения.
20	Планетарная модель атома
21	Простейшие случаи движения микрочастиц в квантовой механике
22	Квантово-механическое описание атомов

## 2.2 Подготовка к практическим занятиям

### Практическое занятие № 1: Кинематика материальной точки и тела

*Цель:* получение практических умений и навыков в области кинематики

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Три четверти своего пути автомобиль прошел со скоростью  $v_1 = 60$  км/ч, остальную часть пути — со скоростью  $v_2 = 80$  км/ч. Какова средняя путевая скорость  $\langle v \rangle$  автомобиля?

2. Из одного и того же места начали равноускоренно двигаться в одном направлении две точки, причем вторая начала свое движение через 2 с после первой. Первая точка двигалась с начальной скоростью  $v_1 = 1$  м/с и ускорением  $a_1 = 2$  м/с<sup>2</sup>, вторая — с начальной скоростью  $v_2 = 10$  м/с и ускорением  $a_2 = 1$  м/с<sup>2</sup>. Через сколько времени и на каком расстоянии от исходного положения вторая точка догонит первую?

3. Движение материальной точки задано уравнением  $\mathbf{r}(t) = \mathbf{i}(A + Bt^2) + \mathbf{j}Ct$ , где  $A = 10$  м,  $B = -5$  м/с<sup>2</sup>,  $C = 10$  м/с. Начертить траекторию точки. Найти векторные выражения  $\mathbf{v}(t)$  и  $\mathbf{a}(t)$ . Для момента времени  $t = 1$  с вычислить: 1) модуль скорости  $|v|$ ; 2) модуль ускорения  $|a|$ ; 3) модуль тангенциального ускорения  $|a_t|$ ; 4) модуль нормального ускорения  $|a_n|$ .

4. Линейная скорость  $v_1$  точек на окружности вращающегося диска равна 3 м/с. Точки, расположенные на  $\Delta R = 10$  см ближе к оси, имеют линейную скорость  $v_2 = 2$  м/с. Определить частоту вращения  $n$  диска.

5. Маховик начал вращаться равноускоренно и за промежуток времени  $\Delta t = 10$  с достиг частоты вращения  $n = 300$  мин<sup>-1</sup>. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  маховика и число  $N$  оборотов, которое он сделал за это время.

### Практическое занятие № 2: Динамика материальной точки и тела

*Цель:* получение практических умений и навыков в области динамики

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязали грузы массами  $m_1 = 1,5$  кг и  $m_2 = 3$  кг. Каково будет показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь.

2. Наклонная плоскость, образующая угол  $\alpha = 25^\circ$  с плоскостью горизонта, имеет длину  $l = 2$  м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время  $t = 2$  с. Определить коэффициент трения  $f$  тела о плоскость.

3. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием  $M = 15$  т. Орудие стреляет вверх под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту в направлении пути. С какой скоростью  $v_1$  покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда  $m = 20$  кг и он вылетает со скоростью  $v_2 = 600$  м/с?

4. Снаряд массой 20 кг летит с начальной скоростью 200 м/с под углом  $60^\circ$  к горизонту. В наивысшей точке подъема он встретил цель и полностью погасил скорость в течение 0,02 с. Определить среднюю силу удара. Сопротивление воздуха не учитывать.

5. Диск радиусом  $R = 40$  см вращается вокруг вертикальной оси. На краю диска лежит кубик. Принимая коэффициент трения  $f = 0,4$ , найти частоту  $n$  вращения, при которой кубик соскользнет с диска.

### **Практическое занятие № 3: Законы сохранения импульса и энергии в механике**

*Цель:* получение практических умений и навыков в области энергии в механике

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Найти работу  $A$  подъема груза по наклонной плоскости длиной  $l = 2$  м, если масса  $m$  груза равна 100 кг, угол наклона  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $f = 0,1$  и груз движется с ускорением  $a = 1$  м/с<sup>2</sup>.

2. С какой наименьшей высоты  $h$  должен начать скатываться акробат на велосипеде (не работая ногами), чтобы проехать по дорожке, имеющей форму "мертвой петли" радиусом  $R = 4$  м, и не оторваться от дорожки в верхней точке петли? Трением пренебречь.

3. Со скалы высотой 19,6 м в горизонтальном направлении бросили камень со скоростью 36 км/ч. Определить кинетическую и потенциальную энергии камня через 1,25 с полета после начала движения. Масса камня 100 г, сопротивлением воздуха пренебречь.

4. Тело двигалось со скоростью 3 м/с. Затем в течение 5 с на него действовала сила 4 Н. За это время кинетическая энергия увеличилась на 100 Дж. Найти скорость тела в конце действия силы и его массу.

5. Ракета массой 250 г содержит в себе 50 г взрывчатого вещества. На какую высоту она может подняться, если предположить, что взрывчатое вещество взрывается все сразу, а образовавшиеся пороховые газы имеют скорость 300 м/с. Определить потенциальную энергию ракеты в высшей точке подъема. Сопротивлением воздуха пренебречь.

### **Практическое занятие № 4: Момент импульса и динамика вращения твердого тела вокруг неподвижной оси**

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчете момента импульса и области динамики вращательного движения

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Определить момент инерции  $J$  тонкого однородного стержня длиной  $l = 60$  см и массой  $m = 100$  г относительно оси, перпендикулярной ему и

проходящей через точку стержня, удаленную на  $a = 20$  см от одного из его концов.

2. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязали грузики массой  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 110$  г. С каким ускорением  $a$  будут двигаться грузики, если масса  $m$  блока равна 400 г? Трение при вращении блока ничтожно мало.

3. Человек стоит на скамье Жуковского и ловит рукой мяч массой  $m = 0,4$  кг, летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $v = 20$  м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии  $r = 0,8$  м от вертикальной оси вращения скамьи. С какой угловой скоростью  $\nu$  начнет вращаться скамья Жуковского с человеком, поймавшим мяч, если суммарный момент инерции  $J$  человека и скамьи равен  $6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ?

4. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 2$  рад,  $B = 32$  рад/с,  $C = -4$  рад/с<sup>2</sup>. Найти среднюю мощность  $\langle N \rangle$ , развиваемую силами, действующими на маховик при его вращении, до остановки, если его момент инерции  $J = 100 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$

5. Пуля массой  $m = 10$  г летит со скоростью  $v = 800$  м/с, вращаясь около продольной оси с частотой  $n = 3000 \text{ с}^{-1}$ . Принимая пулю за цилиндр диаметром  $d = 8$  мм, определить полную кинетическую энергию  $T$  пули.

### Практическое занятие № 5: Механические колебания и волны

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчете параметров механических колебаний и волн

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Точка совершает гармонические колебания. Наибольшее смещение  $x_{\max} = 10$  см, наибольшая скорость  $v_{\max} = 20$  см/с. Найти угловую частоту  $\omega$  колебаний и максимальное ускорение  $a_{\max}$ .

2. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, выражаемых уравнениями  $x = A_1 \cos(\omega t)$  и  $y = A_2 \sin(0,5\omega t)$ , где  $A_1 = 2$  см,  $A_2 = 3$  см. Найти уравнение траектории точки и построить ее, указав направление движения.

3. На стержне длиной  $l = 30$  см укреплены два одинаковых грузика: один — в середине стержня, другой — на одном из его концов. Стержень с грузиком колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стержня. Определить приведенную длину  $L$  и период  $T$  колебаний такой системы. Массой стержня пренебречь.

4. Логарифмический декремент колебаний  $\theta$  маятника равен 0,003. Определить число  $N$  полных колебаний, которые должен сделать маятник, чтобы амплитуда уменьшилась в два раза.

5. Определить разность фаз  $\Delta\varphi$  колебаний источника волн, находящегося в упругой среде, и точки этой среды, отстоящей на  $x = 2$  м от источника. Частота  $\nu$  колебаний равна 5 Гц; волны распространяются со скоростью  $v = 40$  м/с.

6. Мощность  $N$  изотропного точечного источника звуковых волн равна 10 Вт. Какова средняя объемная плотность  $\langle w \rangle$  энергии на расстоянии  $r = 10$  м от источника волн? Температуру  $T$  воздуха принять равной 250 К.

### Практическое занятие № 6: Основные положения термодинамики

*Цель:* получение практических умений и навыков в области феноменологической термодинамики

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Каковы удельные теплоемкости  $c_v$  и  $c_p$  смеси газов, содержащей кислород массой  $m_1 = 10$  г и азот массой  $m_2 = 20$  г?

2. Определить работу  $A$  адиабатного расширения водорода массой  $m = 4$  г, если температура газа понизилась на  $\Delta T = 10$  К.

3. Водород занимает объем  $V_1 = 10$  м<sup>3</sup> при давлении  $p_1 = 100$  кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления  $p_2 = 300$  кПа. Определить: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа; 2) работу  $A$ , совершенную газом; 3) количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

4. В цилиндре под поршнем находится водород массой  $m = 0,02$  кг при температуре  $T_1 = 300$  К. Водород сначала расширился адиабатно, увеличив свой объем в пять раз, а затем был сжат изотермически, причем объем газа уменьшился в пять раз. Найти температуру  $T_2$  в конце адиабатного расширения и полную работу  $A$ , совершенную газом. Изобразить процесс графически.

5. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура  $T_1$  нагревателя равна 470 К, температура  $T_2$  охладителя равна 280 К. При изотермическом расширении газ совершает работу  $A = 100$  Дж. Определить термический КПД  $\eta$  цикла, а также количество теплоты  $Q_2$ , которое газ отдает охладителю при изотермическом сжатии.

6. Лед массой  $m_1 = 2$  кг при температуре  $t_1 = 0$  °С был превращен в воду той же температуры с помощью пара, имеющего температуру  $t_2 = 100$  °С. Определить массу  $m_2$  израсходованного пара. Каково изменение  $\Delta S$  энтропии системы лед–пар?

### Практическое занятие № 7: Основные положения молекулярно-кинетической теории

*Цель:* получение практических умений и навыков в области МКТ

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. В колбе вместимостью  $V = 100$  см<sup>3</sup> содержится некоторый газ при температуре  $T = 300$  К. На сколько понизится давление  $p$  газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдет  $N = 10^{20}$  молекул?

2. Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon_{\text{п}} \rangle$  поступательного движения и среднее значение  $\langle \varepsilon \rangle$  полной кинетической энергии молекулы

водяного пара при температуре  $T = 600$  К. Найти также кинетическую энергию  $W$  поступательного движения всех молекул пара, содержащего количество вещества  $\nu = 1$  кмоль.

3. Кислород при нормальных условиях заполняет сосуд вместимостью  $V = 11,2$  л. Определить количество вещества  $\nu$  газа и его массу  $m$ .

4. Полый шар вместимостью  $V = 10$  см<sup>3</sup>, заполненный воздухом при температуре  $T_1 = 573$  К, соединили трубкой с чашкой, заполненной ртутью. Определить массу  $m$  ртути, вошедшей в шар при остывании воздуха в нем до температуры  $T_2 = 293$  К. Изменением вместимости шара пренебречь.

5. Баллон вместимостью  $V = 30$  л содержит смесь водорода и гелия при температуре  $T = 300$  К и давлении  $p = 828$  кПа. Масса  $m$  смеси равна 24 г. Определить массу  $m_1$  водорода и массу  $m_2$  гелия.

### **Практическое занятие № 8: Основные понятия электростатики**

*Цель:* получение практических умений и навыков в области электростатики

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Два одинаковых проводящих заряженных шара находятся на расстоянии  $r = 30$  см. Сила притяжения  $F_1$  шаров равна 90 мкН. После того как шары были приведены в соприкосновение и удалены друг от друга на прежнее расстояние, они стали отталкиваться с силой  $F_2 = 160$  мкН. Определить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$ , которые были на шарах до их соприкосновения. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.

2. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами  $Q_1 = 10$  нКл и  $Q_2 = -20$  нКл, находящимися на расстоянии  $d = 20$  см друг от друга. Определить напряженность  $E$  поля в точке, удаленной от первого заряда на  $r_1 = 30$  см и от второго на  $r_2 = 50$  см.

3. Найти потенциальную энергию  $\Pi$  системы трех точечных зарядов  $Q_1 = 10$  нКл,  $Q_2 = 20$  нКл и  $Q_3 = -30$  нКл, расположенных в вершинах равностороннего треугольника со стороной длиной  $a = 10$  см.

4. Точечные заряды  $Q_1 = 1$  мкКл и  $Q_2 = 0,1$  мкКл находятся на расстоянии  $r_1 = 10$  см друг от друга. Какую работу  $A$  совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние: 1)  $r_2 = 10$  м; 2)  $r_3 = \infty$ ?

5. Разность потенциалов  $U$  между катодом и анодом электронной лампы равна 90 В, расстояние  $r = 1$  мм. С каким ускорением  $a$  движется электрон от катода к аноду? Какова скорость  $v$  электрона в момент удара об анод? За какое время  $t$  электрон пролетает расстояние от катода до анода? Поле считать однородным.

### **Практическое занятие № 9: Расчет электрических полей распределенного заряда. Теорема Гаусса**

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчетах электрических полей при использовании теоремы Гаусса

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Шар радиусом  $R_1 = 6$  см заряжен до потенциала  $\varphi_1 = 300$  В, а шар радиусом  $R_2 = 4$  см - до потенциала  $\varphi_2 = 500$  В. Определить потенциал  $\varphi$  шаров после того, как их соединили металлическим проводником. Емкостью соединительного проводника пренебречь.

2. Расстояние  $d$  между пластинами плоского конденсатора равно 1,33 мм площадь  $S$  пластин равна  $20$  см<sup>2</sup>. В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной  $d_1 = 0,7$  мм и эбонита толщиной  $d_2 = 0,3$  мм. Определить емкость  $C$  конденсатора.

3. Два конденсатора емкостями  $C_1 = 3$  мкФ и  $C_2 = 6$  мкФ соединены между собой и присоединены к батарее с ЭДС 120 В. Определить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$  конденсаторов и разности потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.

4. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 6 кВ, заряд каждой из них  $10^{-8}$  Кл. Определить силу взаимодействия между пластинами, энергию и плотность энергии конденсатора, если расстояние между пластинами 0,02 м, а площадь каждой из них 100 см<sup>2</sup>.

### **Практическое занятие № 10: Электрическая емкость. Конденсаторы.**

#### **Энергия электрического поля**

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчетах параметров электрических полей

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Расстояние  $d$  между пластинами плоского конденсатора равно 2 мм, разность потенциалов  $U=1,8$  кВ. Диэлектрик - стекло. Определить диэлектрическую восприимчивость  $\sigma'$  стекла и поверхностную плотность  $\sigma'$  поляризационных (связанных) зарядов на поверхности стекла.

2. Определить поляризованность  $p$  стекла, помещенного во внешнее электрическое поле напряженностью  $E_0=5$  МВ/м.

3. Диэлектрик поместили в электрическое поле напряженностью  $E_0=20$  кВ/м. Чему равна поляризованность  $p$  диэлектрика, если напряженность  $E$  среднего макроскопического поля в диэлектрике оказалась равной 4 кВ/м?

4. Эбонитовая плоскопараллельная пластина помещена в однородное электрическое поле напряженностью  $E_0=2$  МВ/м. Грани пластины перпендикулярны линиям напряженности. Определить поверхностную плотность  $\sigma'$  связанных зарядов на гранях пластины.

## Практическое занятие № 11: Законы постоянного тока

*Цель:* получение практических умений и навыков при применении для расчетов законов постоянного тока

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Катушка и амперметр соединены последовательно и присоединены к источнику тока. К зажимам катушки присоединен вольтметр сопротивлением  $R_B = 1$  кОм. Показания амперметра  $I = 0,5$  А, вольтметра  $U = 100$  В. Определить сопротивление  $R$  катушки. Сколько процентов от точного значения сопротивления катушки составит погрешность, если не учитывать сопротивления вольтметра?

2. Внутреннее сопротивление  $r$  батареи аккумуляторов равно 3 Ом. Сколько процентов от точного значения ЭДС составляет погрешность, если, измеряя разность потенциалов на зажимах батареи вольтметром с сопротивлением  $R_B = 200$  Ом, принять ее равной ЭДС?

3. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС каждого элемента равна 1,2 В, внутреннее сопротивление  $r = 0,2$  Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление  $R = 1,5$  Ом. Найти силу тока  $I$  во внешней цепи.

4. Три батареи с ЭДС  $\varepsilon_1 = 12$  В,  $\varepsilon_2 = 5$  В и  $\varepsilon_3 = 10$  В и одинаковыми внутренними сопротивлениями  $r$ , равными 1 Ом, соединены между собой одноименными полюсами. Сопротивление соединительных проводов ничтожно мало. Определить силы токов  $I$ , идущих через каждую батарею.

5. К батарее аккумуляторов, ЭДС  $\varepsilon$  которой равна 2 В и внутреннее сопротивление  $r = 0,5$  Ом, присоединен проводник. Определить: 1) сопротивление  $R$  проводника, при котором мощность, выделяемая в нем, максимальна; 2) мощность  $P$ , которая при этом выделяется в проводнике.

## Практическое занятие № 12: Основные положения магнитостатики

*Цель:* получение практических умений и навыков в области магнитостатики

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. По обмотке очень короткой катушки радиусом  $r = 16$  см течет ток  $I = 5$  А. Сколько витков  $N$  проволоки намотано на катушку, если напряженность  $H$  магнитного поля в ее центре равна 800 А/м?

2. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии  $r = 5$  см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи  $I = 10$  А каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 2$  см от одного и  $r_2 = 3$  см от другого провода.

3. Определить максимальную магнитную индукцию  $B_{\max}$  поля, создаваемого электроном, движущимся прямолинейно со скоростью  $v = 10$  Мм/с, в точке, отстоящей от траектории на расстоянии  $d = 1$  нм.

4. Шины генератора представляют собой две параллельные медные полосы длиной  $l = 2$  м каждая, отстоящие друг от друга на расстоянии  $d = 20$  см. Определить силу  $F$  взаимного отталкивания шин в случае короткого замыкания, когда по ним течет ток  $I = 10$  кА.

5. Короткая катушка площадью  $S$  поперечного сечения, равной  $150$  см<sup>2</sup>, содержит  $N = 200$  витков провода, по которому течет ток  $I = 4$  А. Катушка помещена в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 8$  кА/м. Определить магнитный момент  $p_m$  катушки, а также вращающий момент  $M$ , действующий на нее со стороны поля, если ось катушки составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с линиями индукции.

6. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл перпендикулярно линиям индукции. Определить силу  $F$ , действующую на электрон со стороны поля, если радиус  $R$  кривизны траектории равен  $0,5$  см.

### Практическое занятие № 13: Электромагнитная индукция

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчетах параметров электромагнитной индукции

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $300$  см<sup>2</sup>, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01$  Тл. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток  $I = 10$  А. Определить работу  $A$  внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в которой отсутствует.

2. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл находится прямой провод длиной  $l = 20$  см, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление  $R$  всей цепи равно  $0,1$  Ом. Найти силу  $F$ , которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его перпендикулярно линиям индукции со скоростью  $v = 2,5$  м/с.

3. Рамка площадью  $S = 200$  см<sup>2</sup> равномерно вращается с частотой  $n = 10$  с<sup>-1</sup> относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,2$  Тл). Каково среднее значение ЭДС индукции  $\langle \varepsilon_i \rangle$  за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения?

4. С помощью реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке на  $\Delta I = 0,1$  А в  $1$  с. Индуктивность  $L$  катушки равна  $0,01$  Гн. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции  $\langle \varepsilon_s \rangle$ .

5. Источник тока замкнули на катушку с сопротивлением  $R = 10$  Ом и индуктивностью  $L = 1$  Гн. Через сколько времени сила тока замыкания достигнет  $0,9$  предельного значения?

## Практическое занятие № 14: Электромагнитные колебания

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчетах параметров электромагнитных колебаний

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. В колебательный контур входит катушка индуктивностью 5 мГн и плоский конденсатор с диэлектриком из стекла. Расстояние между обкладками конденсатора 6 мм, площадь обкладки 90 см<sup>2</sup>. На сколько изменится частота и период колебаний контура, если стеклянную прослойку конденсатора заменить воздушной?

2. Максимальная энергия магнитного поля колебательного контура 1 мДж при силе тока 0,8 А. Чему равна частота колебаний контура, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 1200 В?

3. Конденсатор электроемкостью  $C = 500$  пФ соединен параллельно с катушкой длиной  $l = 40$  см и площадью  $S$  сечения, равной 5 см<sup>2</sup>. Катушка содержит  $N = 1000$  витков. Сердечник немагнитный. Найти период  $T$  колебаний.

4. Катушка (без сердечника) длиной  $l = 50$  см и площадью  $S_1$  сечения, равной 3 см<sup>2</sup>, имеет  $N = 1000$  витков и соединена параллельно с конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин площадью  $S_2 = 75$  см<sup>2</sup> каждая. Расстояние  $d$  между пластинами равно 5 мм. Диэлектрик — воздух. Определить период  $T$  колебаний контура.

## Практическое занятие № 15: Электромагнитные волны

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчетах параметров электромагнитных волн

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Определить длину электромагнитной волны  $\lambda$  в вакууме, на которую настроен идеальный колебательный контур, если максимальный заряд на обкладках конденсатора равен  $q_m = 5$  мкКл, а максимальное значение силы тока в контуре  $I_m = 3$  мА. Скорость света в вакууме равна  $v = 3 \cdot 10^8$  м/с.

2. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L=0,5$  мГн и плоского конденсатора. Расстояние между пластинами конденсатора  $d=1,77$  см, диэлектрическая проницаемость вещества, заполнившего пространство между пластинами,  $\epsilon = 5$ . Площадь каждой пластины  $S=20$  см<sup>2</sup>. Скорость света в вакууме равна  $v = 3 \cdot 10^8$  м/с. Определить длину электромагнитной волны  $\lambda$  в вакууме, на которую настроен колебательный контур.

3. Два параллельных провода, погруженных в глицерин, индуктивно соединены с генератором электромагнитных колебаний частотой  $\nu = 420$  МГц. Расстояние  $l$  между пучностями стоячих волн на проводах равно 7 см. Найти

диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon$  глицерина. Магнитную проницаемость  $\mu$  принять равной единице.

### Практическое занятие № 16: Интерференция света

*Цель:* получение практических умений и навыков в области интерференции света

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Расстояние  $d$  между двумя когерентными источниками света ( $\lambda = 0,5$  мкм) равно 0,1 мм. Расстояние  $b$  между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние  $l$  от источников до экрана.

2. Пучок монохроматических ( $\lambda = 0,6$  мкм) световых волн падает под углом  $\varepsilon_1 = 30^\circ$  на находящуюся в воздухе мыльную пленку ( $n = 1,3$ ). При какой наименьшей толщине  $d$  пленки отраженные световые волны будут максимально ослаблены интерференцией? максимально усилены?

3. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены при оптической разности хода  $\Delta$ интерферирующих волн, равной 1,8 мкм.

4. Плосковыпуклая линза с оптической силой  $\Phi = 2$  дптр выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Радиус  $r$ , четвертого темного кольца Ньютона в проходящем свете равен 0,7 мм. Определить длину световой волны.

5. Поверхности стеклянного клина образуют между собой угол  $\theta = 0,2'$ . На клин нормально к его поверхности падает пучок лучей монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 0,55$  мкм. Определить ширину  $b$  интерференционной полосы.

### Практическое занятие № 17: Дифракция света

*Цель:* получение практических умений и навыков в области дифракции света

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Радиус  $r_4$  четвертой зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 3 мм. Определить радиус  $r_6$  шестой зоны Френеля.

2. На круглое отверстие радиусом 2 мм падает плоская монохроматическая волна. Найти длину волны света, освещающего отверстие, если в нем укладывается пять зон Френеля и из точки наблюдения оно видно под углом  $5'$ .

3. На щель шириной  $a = 0,05$  мм падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,6$  мкм). Определить угол  $\varphi$  между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

4. С помощью дифракционной решетки с периодом  $d = 20$  мкм требуется разрешить дублет натрия ( $\lambda_1 = 589,0$  нм и  $\lambda_2 = 589,6$  нм) в спектре второго порядка. При какой наименьшей длине  $l$  решетки это возможно?

5. Какова длина волны  $\lambda$  монохроматического рентгеновского излучения, падающего на кристалл кальцита, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается, когда угол  $\theta$  между направлением падающего излучения и гранью кристалла равен  $3^\circ$ ? Расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристалла принять равным  $0,3$  нм.

### **Практическое занятие № 18: Поляризация волн**

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчетах параметров поляризации волн

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Анализатор в  $k = 2$  раза уменьшает интенсивность света, проходящего к нему от поляризатора. Определить угол  $\alpha$  между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора. Потерями интенсивности света в анализаторе пренебречь.

2. Угол Брюстера  $\varepsilon_b$  при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле.

3. Угол  $\alpha$  между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен  $45^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до  $60^\circ$ ?

4. Степень поляризации  $P$  частично-поляризованного света равна  $0,5$ . Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через анализатор, от минимальной?

5. Пластинку кварца толщиной  $d_1 = 2$  мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол  $\varphi = 53^\circ$ . Определить толщину  $d_2$  пластинки, при которой данный монохроматический свет не проходит через анализатор.

### **Практическое занятие № 19: Квантовые свойства электромагнитного излучения**

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчетах параметров электромагнитного излучения с учетом квантовых свойств

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Поток энергии  $\Phi_e$ , излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен  $34$  Вт. Определить температуру  $T$  печи, если площадь отверстия  $S = 6$  см<sup>2</sup>.

2. Определить энергию  $W$ , излучаемую за время  $t = 1$  мин из смотрового окошка площадью  $S = 8$  см<sup>2</sup> плавильной печи, если ее температура  $T = 1,2$  кК.

3. Определить температуру  $T$  черного тела, при которой максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(M_{\lambda,T})_{max}$  приходится на красную границу видимого спектра ( $\lambda_1 = 750$  нм); на фиолетовую ( $\lambda_2 = 380$  нм).

4. На поверхность лития падает монохроматический свет ( $\lambda = 310$  нм) Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов  $U$  не менее 1,7 В. Определить работу выхода  $A$ .

5. Определить импульс  $p$  электрона отдачи при эффекте Комптона, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол  $\theta = 180^\circ$ .

### **Практическое занятие № 20: Планетарная модель атома**

*Цель:* получение практических умений и навыков при изучении спектров излучения

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Найти наибольшую и наименьшую длины волн спектра атома водорода в серии Бальмера.

2. Вычислить по теории Бора скорость вращения электрона, находящегося на третьем энергетическом уровне в атоме дейтерия.

3. Фотон, соответствующий длине волны 0,015 мкм, выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Вычислить скорость электрона за пределами атома.

4. В возбужденном атоме водорода электрон вращается на одной из возможных боровских орбит со скоростью  $1,1 \cdot 10^6$  м/с. Определить чему равна энергия кванта, излучаемого при переходе электрона в основное состояние.

5. Атом водорода находится в возбужденном состоянии с главным квантовым числом.

6. Падающий фотон выбивает из атома электрон, сообщая ему кинетическую энергию 2,5 эВ. Вычислить энергию падающего фотона.

### **Практическое занятие № 21: Простейшие случаи движения микрочастиц в квантовой механике**

*Цель:* получение практических умений и навыков в области квантовой механики

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Электрон движется по окружности радиусом  $r = 0,5$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 8$  мТл. Определить длину волны де Бройля  $\lambda$  электрона.

2. На грань некоторого кристалла под углом  $\alpha = 60^\circ$  к ее поверхности падает параллельный пучок электронов, движущихся с одинаковой скоростью. Определить скорость  $v$  электронов, если они испытывают интерференционное отражение первого порядка. Расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристаллов равно 0,2 нм.

3. Найти погрешность в определении скорости электрона, протона и

пылинки массой 0,1 нг, если их координаты установлены с неопределённостью 1 мкм.

4. В потенциальном ящике шириной  $l$  находится электрон на третьем энергетическом уровне. Определить в каких точках интервала  $0 < x < l$  плотность вероятности нахождения электрона равна нулю. Определить плотность вероятности нахождения, электрона на участке интервала  $l/3 < x < 2l/3$ .

5. Элементарная частица в потенциальном ящике находится в первом возбужденном состоянии. Какова вероятность нахождения частицы в средней части потенциального ящика в интервале  $(l/4 \div 3l/4)$ ? Ответ поясните рисунком.

## Практическое занятие № 22: Квантово-механическое описание атомов

*Цель:* получение практических умений и навыков в области квантово-механического описания атомов

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Вычислить момент импульса  $J_l$  орбитального движения электрона, находящегося в атоме: 1) в  $s$ -состоянии; 2) в  $p$ -состоянии.

2. Атом водорода, находившийся первоначально в основном состоянии, поглотил квант света с энергией  $\varepsilon = 10,2$  эВ. Определить изменение момента импульса  $\Delta J_l$  орбитального движения электрона. В возбужденном атоме электрон находится в  $p$ -состоянии.

3. Определить возможные значения магнитного момента  $\mu_l$ , обусловленного орбитальным движением электрона в возбужденном атоме водорода, если энергия  $\varepsilon$  возбуждения равна 12,09 эВ.

3) Используя принцип Паули, указать, какое максимальное число  $N_{max}$  электронов в атоме могут иметь одинаковыми следующие квантовые числа: 1)  $n, l, m, m_s'$ ; 2)  $n, l, m$ ; 3)  $n, l$ ; 4)  $n$ .

## 3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

### 3.1 Тематический план лабораторных занятий

Сформирован тематический план лабораторных занятий (таблица 4).

Таблица 4 – Структура лабораторных занятий

Номер темы	Содержание лабораторного занятия
<i>1</i>	<i>2</i>
1	Основы физических измерений. Измерения штангенциркулем и микрометром, определение плотности твердых тел правильной геометрической формы

1	2
2	Исследование механического движения на машине Атвуда
3	Исследование механического движения при скатывании тел на установке Максвелла
4	Установка Обербека
5	Изучение и применение физического и математического маятников
6	Определение отношения теплоемкостей воздуха методом адиабатного расширения
7	Определение коэффициента внутреннего трения, длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул газа
8	Определение коэффициента внутреннего трения по методу Стокса
9	Изучение изотермического процесса. Проверка закона Бойля-Мариотта
10	Кривая фазового равновесия воды
11	Мощность, теплоемкость и КПД нагревателя
12	Определение теплоемкости металлов методом охлаждения
13	Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити
14	Определение влажности воздуха
15	Моделирование плоскопараллельного электростатического поля током в проводящем листе
16	Определение емкости и заряда конденсатора
17	Исследование магнитного поля на оси кольцевой катушки
18	Определение длины волны монохроматического света с помощью интерференции от двух щелей
19	Изучение явления дифракции света
20	Изучение законов внешнего фотоэффекта
21	Определение постоянной Ридберга

### 3.2 Подготовка к лабораторным занятиям

**Лабораторная работа № 1.** Основы физических измерений. Измерения штангенциркулем и микрометром, определение плотности твердых тел правильной геометрической формы.

Задание: Измерить линейные параметры тела правильной геометрической формы; определить плотность материала, из которого изготовлено тело; провести обработку результатов прямых и косвенных измерений.

Контрольные вопросы:

1. Что такое физическая величина?
2. Что такое измерение? Виды измерения, их определения.
3. Что такое результат измерения?
4. Что такое доверительный интервал, чем он определяется?
5. Что такое погрешность измерений?
6. Случайная погрешность.
7. Погрешность округления.
8. Приборная погрешность.

9. Полная погрешность прямых измерений.
10. Правила представления результатов измерений.

**Лабораторная работа № 2.** Исследование механического движения на машине Атвуда.

Задание: Определить линейные и угловые ускорения; рассчитать силы натяжения нитей и момент силы трения; графически определить момент инерции блока.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, задачи опыта и методику выполнения эксперимента.
2. Полное ускорение при криволинейном движении Вектор и модуль полного ускорения.
3. Нормальное и тангенциальное ускорения, их векторы и модули.
4. Основные характеристики движения материальной точки по окружности. Связь между линейными и угловыми величинами.
5. Понятия массы и силы.
6. Импульс тела. Изменение импульса тела. Импульс силы.
7. Законы Ньютона.
8. Момент инерции.
9. Момент силы.
10. Основной закон динамики вращательного движения тела относительно оси.

**Лабораторная работа № 3.** Исследование механического движения при скатывании тел на установке Максвелла.

Задание: Определить линейные и угловые скорости; рассчитать среднюю и максимальную силу натяжения нити при рывке; найти потери энергии при качении диска Максвелла по нитям и в момент рывка.

Контрольные вопросы:

1. Описать экспериментальную установку, цели и методику проведения эксперимента.
2. Понятие о линейных и угловых скоростях и ускорениях.
3. Понятие о массе и моменте инерции. Теорема Штейнера.
4. Понятие о силе и моменте силы.
5. Понятие об импульсе и моменте импульса.
6. Понятие о качении твёрдых тел и способы описания качения.
7. Понятие о мгновенном центре скоростей и мгновенной оси вращения.
8. Законы динамики при поступательном и вращательном движениях тел.
9. Какой вид механического движения твёрдого тела реализуется при скатывании тел по двум отвесным нитям.

10. Какие силы в механике называются потенциальными и непотенциальными? Привести примеры потенциальных и непотенциальных сил.

11. Понятие об энергии и работе силы. Общефизический закон сохранения энергии.

12. Понятие о механической энергии.

13. Объяснить, почему диск Максвелла с добавочным кольцом опускается медленнее, чем диск без добавочного кольца.

#### **Лабораторная работа № 4. Установка Обербека.**

Задание: Определить линейные и угловые ускорения; рассчитать момент сил сопротивления и трения; определить момент инерции установки без грузов.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.

2. Момент инерции точки; твёрдого тела: определение, обозначение, единицы измерения.

3. Момент инерции цилиндра, диска, стержня.

4. Понятие центра масс.

5. Понятие угловой скорости. Взаимосвязь угловой и линейной скоростей.

6. Понятие углового ускорения. Взаимосвязь углового и линейного ускорений.

7. Понятие момент силы: определение, обозначение, единицы измерения, направление.

8. Формулировка и формула основного закона динамики вращательного движения твёрдого тела.

**Лабораторная работа № 5. Изучение и применение физического и математического маятников.**

Задание: Определить ускорение свободного падения при помощи математического маятника; сравнить полученное значение с табличным значением; рассчитать момент инерции стержневого физического маятника.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему экспериментальной установки, цели и методику проведения эксперимента.

2. Понятие "колебание". Гармонические колебания: определение и уравнение колебаний.

3. Основные характеристики колебаний: период, частота, циклическая частота, амплитуда.

4. Момент инерции. Теорема Гюйгенса – Штейнера.

5. Понятие "математический маятник". Уравнение колебаний математического маятника.

6. Понятие "физический маятник". Уравнение колебаний физического маятника.

7. Приведенная длина физического маятника. Центр качания.

**Лабораторная работа № 6.** Определение отношения теплоемкостей воздуха методом адиабатного расширения.

Задание: Рассчитать коэффициент Пуассона (отношение теплоемкостей) воздуха при адиабатном расширении.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.

2. Понятие "внутренняя энергия".

3. Работа в термодинамике. Геометрический смысл работы.

4. Теплоёмкость. Виды теплоемкостей. Единицы измерения.

5. Первое начало термодинамики: формулировка, формула, физический смысл входящих величин.

6. Первое начало термодинамики для изопроцессов.

7. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Коэффициент Пуассона.

8. Первое начало термодинамики для адиабатного процесса.

9. Формулировка и формула уравнения Майера.

10. Второе начало термодинамики.

11. Прямой и обратный цикл. Термический КПД. Холодильный коэффициент.

**Лабораторная работа № 7.** Определение коэффициента внутреннего трения, длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул газа.

Задание: Вычислить для воздуха коэффициента внутреннего трения, длину свободного пробега и эффективный диаметр молекулы.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, задачи опыта и методику выполнения эксперимента.

2. Какие явления переноса существуют и каким законам они подчиняются?

3. Коэффициенты переноса: формулы, пояснения входящих характеристик.

4. Длина свободного пробега: формула, пояснения входящих характеристик.

5. Эффективный диаметр молекул.

6. Движение идеальной жидкости. Линии и трубки тока. Теорема о неразрывности струи.

7. Уравнение Бернулли. Полное давление, динамическое давление.

8. Ламинарное и турбулентное течение.

9. Распределение Максвелла

10. Средняя арифметическая скорость (вывести из распределения Максвелла).

11. Наиболее вероятная скорость (вывести из распределения Максвелла).

12. Среднеквадратичная скорость (вывести из распределения Максвелла).

**Лабораторная работа № 8.** Определение коэффициента внутреннего трения по методу Стокса.

Задание: Рассчитать коэффициент вязкости глицерина по методу Стокса.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.

2. Явление вязкости, каким законом оно описывается.

3. Силы, действующие на шарик, падающий в жидкость.

4. Как изменяется скорость движения шарика с увеличением его диаметра?

5. Какие явления переноса существуют и каким законам они подчиняются?

6. Коэффициенты переноса: формулы, величины, входящие в формулы.

7. Длина свободного пробега: формула, величины, входящие в формулы.

8. Характеристические скорости: средняя арифметическая, наиболее вероятная скорость, средняя квадратичная скорость. Формулы, величины, входящие в формулы.

**Лабораторная работа № 9.** Изучение изотермического процесса. Проверка закона Бойля-Мариотта.

Задание: Рассчитать теоретическое значение давления и сравнить его с экспериментальным значением. Рассчитать абсолютную и относительную погрешности.

Контрольные вопросы:

1. Как из уравнения состояния для идеального газа получить закон Бойля-Мариотта?

2. Привести график изотермы на  $P$ - $V$  диаграмме.

3. Привести схему пневмосистемы комплекса ЛКТ-9.

4. Как выглядит график изотермического процесса в  $P,T$  и  $V,T$ -координатах?
5. Как по графику изотермы определить совершённую работу?
6. Поясните порядок проведения экспериментальной работы.

### **Лабораторная работа № 10. Кривая фазового равновесия воды.**

Задание: Определить теплоту испарения жидкости.

Контрольные вопросы:

1. Что означает понятие «фаза» в термодинамике?
2. Что такое фазовый переход? Виды переходов.
3. Что такое двухфазная система в термодинамике?
4. Какая зависимость называется «кривой фазового равновесия»?
5. Что называется удельной теплотой испарения?
6. Что такое испарение, сублимация и конденсация? Опишите изменение внутренней энергии.
7. Что включает в себя понятие «химический потенциал фазы»?
8. Каковы условия фазового равновесия?
9. Объясните, какой знак будет иметь производная  $dP/dT$  в таких процессах, как испарение, конденсация, плавление.

### **Лабораторная работа № 11. Мощность, теплоемкость и КПД нагревателя.**

Задание: Изучение теплового баланса нагревателя. Определение электросопротивления печи. Определение мощности потерь и теплоёмкости системы. Определение КПД нагревателя.

Контрольные вопросы:

1. Определение сопротивления печи.
2. Мощность нагрева.
3. Определение мощности потерь. От чего она зависит?
4. Определение теплоёмкости системы.
5. Понятие теплоёмкости. Виды теплоёмкости. Единицы измерения теплоёмкости.
6. Определение количества тепла, полученное образцом за время  $\Delta t$ .
7. Понятие силы тока, сопротивления, напряжения.
8. Закон Ома, закон Джоуля-Ленца.
9. Внутренняя энергия.
10. Работа. Графический смысл работы.
11. Первое начало термодинамики.
12. Второе начало термодинамики.

### 13. Тепловая машина. КПД тепловой машины.

#### **Лабораторная работа № 12. Определение теплоемкости металлов методом охлаждения.**

Задание: Определить теплоемкость неизвестного металла.

Контрольные вопросы:

1. Что называется теплоёмкостью? В каких единицах она измеряется?
2. Почему при точных измерениях величины  $U$  и  $I$  нельзя измерять стрелочными приборами?
3. Что называется удельной (молярной) теплоёмкостью?
4. Как зависит теплоёмкость вещества от характера термодинамического процесса?
5. Какое свойство вещества характеризует теплоёмкость?
6. Сформулируйте закон Дюлонга и Пти. Когда справедлив этот закон?
7. Как зависит теплоёмкость тела от его температуры?
8. В чём заключается данный метод определения теплоёмкости металла?

#### **Лабораторная работа № 13. Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити.**

Задание: Рассчитать среднее значение коэффициента теплопроводности воздуха.

Контрольные вопросы:

1. Назовите три вида теплообмена или теплопередачи.
2. В чём суть явления теплопроводности? Какая величина переносится при теплопроводности?
3. Какая величина называется тепловым потоком? В каких единицах СИ она измеряется?
4. Напишите и поясните закон теплопроводности Фурье.
5. Напишите формулу для коэффициента теплопроводности идеального газа.
6. Объясните понятие градиента температуры.
7. Какие явления переноса вы знаете?
8. В чём заключается метод нагретой нити для определения коэффициента теплопроводности газов?
9. Объясните назначение эталонного резистора в схеме экспериментальной установки.
10. Как определяется разность температур нити и наружной трубки в данной работе?
11. Как оценить среднюю длину свободного пробега и эффективный диаметр молекулы газа, используя явление теплопроводности?

12. Выведите расчётную формулу для определения коэффициента теплопроводности методом нагретой нити.

13. На основе МКТ выведите уравнение Фурье.

#### **Лабораторная работа №14. Определение влажности воздуха.**

Задание: Определение абсолютной влажности воздуха по «методу психрометра». Определение относительной влажности воздуха.

Контрольные вопросы:

1. Парциальное давление.
2. Закон Дальтона.
3. Относительная влажность.
4. Абсолютная влажность.
5. «Метод психрометра».

**Лабораторная работа № 15.** Моделирование плоскопараллельного электростатического поля током в проводящем листе.

Задание: Построить картину силовых линий плоскопараллельного электростатического поля; вычислить напряжённость электростатического поля в нескольких точках проводящего листа.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.
2. Закон Кулона.
3. Понятие напряженности электрического поля.
4. Понятие потенциала электрического поля.
5. Связь между напряженностью и потенциалом.
6. Эквипотенциальные поверхности.
7. Работа электрического поля по перемещению точечного заряда.
8. Понятие о линейной, поверхностной и объемной плотностях заряда.

**Лабораторная работа № 16.** Определение емкости и заряда конденсатора.

Задание: Вычислить емкость конденсатора и его заряд на основе переходных характеристик.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, задачи опыта и методику выполнения эксперимента.
2. Однородное электростатическое поле. Напряженность, потенциал электростатического поля.

3. Электроёмкость уединённого проводника.
4. Конденсаторы. Их устройство и назначение.
5. Плоский конденсатор. Ёмкость плоского конденсатора.
6. Параллельное соединение конденсаторов.
7. Последовательное соединение конденсаторов.
8. Энергия плоского конденсатора.
9. Как изменится энергия плоского конденсатора, если расстояние между его обкладками увеличить вдвое. Рассмотреть случаи: а) конденсатор подключен к источнику ЭДС; б) конденсатор отключен от источника ЭДС.

**Лабораторная работа № 17.** Исследование магнитного поля на оси кольцевой катушки.

Задание: измерить магнитную индукцию в различных точках на оси кольцевой катушки; построить график изменения магнитной индукции вдоль оси катушки; проверить результаты измерения расчётом.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.
2. Магнитное поле. Магнитная индукция.
3. Принцип действия датчика Холла.
4. Нарисовать картину силовых линий магнитного поля кольцевой катушки.
5. Закон Био-Савара-Лапласа.
6. Применение закона Био-Савара-Лапласа к расчёту магнитной индукции, создаваемой круговым витком с током.
7. Применение закона Био-Савара-Лапласа к расчёту магнитной индукции, создаваемой прямолинейным проводником с током.
8. Применение закона Био-Савара-Лапласа к расчёту магнитной индукции, создаваемой бесконечно длинным прямолинейным проводником с током.
9. Поток вектора магнитной индукции.

**Лабораторная работа № 18.** Определение длины волны монохроматического света с помощью интерференции от двух щелей.

Задание: Рассчитать длину волны монохроматического света с помощью интерференции от двух щелей.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.

2. Волновая природа света. Световая волна и ее основные характеристики.

3. Световой вектор.

4. Интенсивность света. Связь интенсивности и амплитуды.

5. Интерференция света. Когерентные волны.

6. Оптическая и геометрическая длина пути. Связь между ними.

Физический смысл

коэффициента пропорциональности между ними.

7. Сложение колебаний от двух источников. Рисунок.

8. Условие минимума и условие максимума для разности хода и разности фаз.

9. Методы получения интерференционной картины: примеры с рисунками.

10. Метод Юнга: рисунок, формулы.

11. Интерференция в тонких пленках: рисунок, формулы.

12. Применение интерференции.

**Лабораторная работа № 19.** Изучение явления дифракции света.

Задание: Определить длину волны излучения газового лазера с помощью одномерной дифракционной решётки.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.

2. Понятие волны. Виды волн. Уравнение плоской волны.

3. Основные характеристики волн: волновое число, волновой фронт, волновая поверхность, длина волны, фазовая скорость, период, фаза.

4. Волновая природа света. Световая волна. График.

5. Интенсивность света. Связь интенсивности и амплитуды.

6. Принципы, лежащие в основе волновой теории света.

7. В чём состоит явление дифракции в оптике?

8. Виды дифракции.

9. Принцип Гюйгенса. Принцип Гюйгенса-Френеля.

10. Метод зон Френеля.

11. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Условие максимумов и минимумов дифракции.

12. Дифракционная решётка. Дифракционный спектр.

13. Решётка как дисперсионный прибор.

### **Лабораторная работа № 20.** Изучение законов внешнего фотоэффекта

Задание: Построить вольт-амперную характеристику вакуумного диода; определить максимальную скорость фотоэлектронов; рассчитать работу выхода для материала катода.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.
2. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
3. Что называется внешним и внутренним фотоэффектом?
4. Сформулируйте основные законы внешнего фотоэффекта.
5. Что такое задерживающее напряжение?
6. Что такое ток насыщения?
7. Работа выхода.
8. Как выполнялось измерение задерживающего напряжения в работе?

Какие результаты получены в данной работе?

9. Что такое граничная частота и "красная граница" внешнего фотоэффекта?
10. Чем определяется максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих под действием света с поверхности металлов?
11. Фотон: энергия, масса, импульс.

### **Лабораторная работа № 21.** Определение постоянной Ридберга.

Задание: Определить постоянную Ридберга для атома водорода.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить схему установки, цели и методику выполнения эксперимента.
2. Модель атома Резерфорда и её экспериментальное обоснование.
3. Спектральная серия: определения, формула. Перечислить спектральные серии для атома водорода?
4. Постулаты Бора.
5. Чем объясняется ограниченная область применения обобщённой формулы Бальмера?
6. Фотоны. Энергия, импульс, масса фотона.
7. Энергия связи, энергия ионизации, энергия возбуждения.
8. Спектр. Виды спектров. Природа спектров. Какие спектры наблюдались в данной лабораторной работе?

## 4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### 4.1 Критерии оценивания контрольной работы

Согласно учебному плану дисциплины «Физика» направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, для активизации учебной работы студентов очной формы обучения во втором и третьем семестре по изученным темам проводятся контрольные работы.

Оценка контрольной работы производится следующим образом:

"отлично" - приведено полное решение, включающее следующие элементы:

1) записаны физические законы, явления или закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;

2) приведены пояснения для всех введенных в решении буквенных обозначений физических величин (за исключением обозначений констант);

3) выполнен рисунок (если таковой нужен) с указанием всех необходимых физических величин;

4) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

5) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины;

"хорошо" - правильно записаны все необходимые физические законы, явления или закономерности и проведены в целом все необходимые преобразования, но имеются один или несколько из следующих недостатков. Рисунок выполнен с недостаточной степенью подробности, из которого не очевидны приводимые далее выражения или преобразования. Записи, соответствующие пункту 2), представлены не в полном объёме или отсутствуют.

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения.

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. Отсутствует пункт 5), или в нём допущена ошибка;

"удовлетворительно" - представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.

В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но

присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

В одной из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Отсутствует рисунок при его необходимости для решения задачи;

"неудовлетворительно" - все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок.

## 4.2 Типовые варианты для контрольной работы (для студентов заочной формы обучения)

### Второй семестр

1. Под действием какой силы при прямолинейном движении тела изменение его координаты со временем происходит по закону  $x=14+7t-18t^2$ ? Масса тела 4 кг.

2. Определить силу, действующую на тело через 5 с после начала действия, и скорость в конце пятой секунды.

3. Сплошной шар массой 1 кг и радиусом 5 см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Закон вращения шара выражается уравнением  $\varphi=5t-2t^2$ . В точке, наиболее удаленной от оси вращения, на шар действует сила, касательная к поверхности. Определить эту силу и тормозящий момент.

4. Пружина жесткостью  $k=500$  Н/м сжата силой  $F=100$  Н. Определить работу  $A$  внешней силы, дополнительно сжимающей эту пружину еще на  $\Delta l=2$  см.

5. Баллон объемом  $V=30$  л заполнен азотом. Температура  $T$  азота равняется 330 К. Когда часть азота израсходовали, давление в баллоне уменьшилось на  $\Delta p=140$  кПа. Определить массу  $m$  израсходованного азота. Процесс считать изотермическим.

6. Кислород массой  $m=200$  г занимает объем  $V_1=100$  л и находится под давлением  $p_1=200$  кПа. При нагревании газ расширился при постоянном давлении до объема  $V_2=300$  л, а затем его давление возросло до  $p_3=500$  кПа при неизменном объеме. Найти изменение внутренней энергии  $\Delta U$  газа, совершенную им работу  $A$  и теплоту  $Q$ , переданную газу. Построить график процесса.

7. В сосуде объемом  $V=6$  л находится при нормальных условиях двухатомный газ. Определить теплоемкость  $C_v$  этого газа при постоянном объеме.

8. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени смещение точки  $x = 5$  см, скорость  $v = 20$  см/с и ускорение  $a = - 80$  см/с<sup>2</sup>. Найти циклическую частоту и период колебаний, фазу колебаний в рассматриваемый момент времени и амплитуду колебаний.

## Третий семестр

№ 1. Тонкий длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью  $\tau = 1,5$  нКл/см. На продолжении оси стержня на расстоянии  $d = 12$  см от его конца находится точечный заряд  $Q = 0,2$  мкКл. Определить силу взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

№ 2. Резистор сопротивлением  $R_1 = 5$  Ом, вольтметр и источник тока соединены параллельно. Вольтметр показывает напряжение  $U_1 = 10$  В. Если заменить резистор другим сопротивлением  $R_2 = 12$  Ом, то вольтметр покажет напряжение  $U_2 = 12$  В. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока. Током через вольтметр пренебречь.

№ 3. Кольцо из проволоки сопротивлением  $R = 1$  мОм находится в однородном магнитном поле ( $B = 0,4$  Тл). Плоскость кольца составляет с линиями индукции угол  $\varphi = 90^\circ$ . Определить заряд  $Q$ , который протечет по кольцу, если его выдернуть из поля. Площадь кольца  $S = 10$  см<sup>2</sup>.

№ 4. На тонкую мыльную пленку ( $n=1,3$ ) толщиной  $1,25$  мкм падает нормально монохроматический свет. В отраженном свете пленка кажется светлой. Какой минимальной толщины надо взять тонкую пленку скипидара ( $n=1,48$ ), чтобы она в этих же условиях казалась темной?

№ 5. На пути частично поляризованного света поместили поляризатор. При повороте поляризатора на угол  $60^\circ$  из положения, соответствующего максимуму пропускания, интенсивность прошедшего света уменьшилась в 3 раза. Найти степень поляризации падающего света.

№ 6. На пластину падает монохроматический свет ( $\lambda = 0,42$  мкм). Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов  $U = 0,95$  В. Определить работу  $A$  выхода электронов с поверхности пластины.

№ 7. Определить длину волны де Бройля  $\lambda$ , электрона, находящегося на второй орбите атома водорода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Физика» дан тематический план лекционных занятий, включающий рекомендуемую литературу и вопросы для закрепления теоретического материала. Сформирован тематический план лабораторных занятий, даны задания и контрольные вопросы для защиты лабораторных работ, имеются критерии их оценивания. Изложены требования по выполнению контрольной работы для студентов заочной форм обучения. Предложены формулировки задач и критерии оценивания контрольных работ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калашников, Н. П. Основы физики: учеб. пособие в 2 т. / Н. П. Калашников, М. А. Смондырев. - 3-е изд., стер. - Москва: Дрофа, 2007. Т. 1. - 398 с.

2. Калашников, Н. П. Основы физики: учеб. пособие в 2 т. / М. А. Смондырев, Н. П. Калашников. - 2-е изд., перераб. - Москва: Дрофа, 2004. - Т. 2. - 431 с.
3. Ивлиев, А. Д. Физика: учеб. пособие / А. Д. Ивлиев. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: ЛАНЬ, 2009. - 671 с.
4. Бондарев, Б. В. Курс общей физики: учеб. пособие / Б. В. Бондарев, Г. Г. Спирин. - Москва: Высшая школа, 2005. - 559 с.
5. Трофимова, Т. И. Курс физики: учеб. пособие / Т. И. Трофимова. - 7-е изд., стер. - Москва: Высшая школа, 2003. - 542 с.
6. Чертов, А. Г. Задачник по физике: учеб. пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва: Физматлит, 2009. - 640 с.
7. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике: учеб. пособие / И. В. Савельев [и др.]. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2007. - 288 с.
8. Волькенштейн, В. С. Сборник задач по общему курсу физики: учеб. пособие / В. С. Волькенштейн. - 3-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Книжный мир, 2007. - 327 с.
9. Сборник задач по физике: учеб. пособие / под ред. Р. И. Грабовского. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2007. - 126 с.

Справочные данные

1. Таблица основных физических постоянных

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Ускорение свободного падения	$g$	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$\gamma$	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/(\text{кг с}^2)$
Число Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Универсальная газовая постоянная	$R$	$8,31 \text{ Дж}/(\text{моль К})$
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Мольный объем идеального газа	$V_o$	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Элементарный заряд	$e$	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Скорость света в вакууме	$c$	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная закона Стефана-Больцмана	$\sigma$	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$
Постоянная закона смещения Вина	$b$	$2,90 \cdot 10^{-8} \text{ м К}$
Постоянная Планка	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж с}$
Постоянная Планка, деленная на $2\pi$	$\hbar$	$1,054 \cdot 10^{-34} \text{ Дж с}$
Постоянная Ридберга	$R$	$1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$
Радиус первой боровской орбиты	$a_o$	$0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_c$	$2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$
Магнетон Бора	$B$	$0,927 \cdot 10^{-23} \text{ А м}^2$
Энергия ионизации атома водорода	$E_i$	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж (13,6 эВ)}$
Атомная единица массы	а.е.м.	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя электрона	$m_e$	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Коэффициент пропорциональности между энергией и массой	$c^2$	$9,00 \cdot 10^{16} \text{ Дж/кг} =$ $=931,44 \text{ МэВ/ а.е.м.}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_o$	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	$\mu_o$	$1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$

2. Некоторые астрономические величины

Средний радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Средняя плотность Земли	$5500 \text{ кг/м}^3$
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Радиус Солнца	$6,96 \cdot 10^8$ м
Масса Солнца	$1,99 \cdot 10^{30}$ кг
Средняя плотность Солнца	1400 кг/м <sup>3</sup>
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м
Масса Луны	$7,3 \cdot 10^{22}$ кг
Период вращения Луны вокруг Земли	27 сут. 7 час. 43 мин.
Среднее расстояние между центрами Земли и Луны	$3,84 \cdot 10^8$ м
Среднее расстояние между центрами Солнца и Земли	$1,5 \cdot 10^{11}$ м

### 3. Плотность, вязкость, поверхностное натяжение, удельные теплоемкость и теплота парообразования некоторых жидкостей.

Жидкость	Плотность (при 15 °С), $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Динамическая вязкость (при 20 °С), $\eta$ , мПа·с	Поверхностное натяжение (при 20 °С), $\sigma$ , Н/м	Удельная теплоемкость, с, Дж/(кг·К)	Удельная теплота парообразования (при нормальном давлении), $r$ , 10 <sup>6</sup> , Дж/кг
Вода	1000	10	0,072 - обычная 0,040 - мыльная	4180	2,250
Глицерин	1260	1500	0,063	2420	
Керосин	820				
Масло	900				
Ртуть	13600	16	0,470	140	0,284
Спирт	790	12	0,022	2420	0,853
Эфир	700				0,668

### 4. Плотность, эффективный диаметр молекул, динамическая вязкость и теплопроводность некоторых газов при нормальных условиях

Вещество	Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Эффективный диаметр, $d$ , нм	Динамическая вязкость, $\eta$ , мкПа·с	Теплопроводность, $\lambda$ , мВт/(м·К)
Азот	1,25	0,38	16,6	24,3
Аргон	1,78	0,35	21,5	16,2
Водород	0,09	0,28	8,66	168,4
Воздух	1,29	0,35	17,2	24,1
Гелий	0,18	0,22	18,9	141,5
Кислород	1,43	0,36	19,8	24,4
Пары воды		0,30	8,32	15,8

### 5. Плотность, модуль упругости, коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость, удельная теплота плавления

Вещество	Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Модуль упругости, $E$ , 10 <sup>16</sup> Па	Линейное расширение $\alpha$ , 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	Удельная теплоемкость, $c$ , Дж/(кг·К)	Удельная теплота плавления, $\lambda$ , 10 <sup>3</sup> , Дж/(кг)
Алюминий	2700	7,1	24	880	321
Вольфрам	19300	41,0	4,3		
Железо	7900	21,0	11,9	450	270
Константан	8900	21,0	17,0		
Лед	920	0,28		2100	335
Медь	8900	12,98	16,7	390	214
Никель	8800	20,4	13,4	460	245
Нихром	8400			4600	
Свинец	11300	1,6	31,3	130	23
Фарфор	2300		3		

### 6. Удельное сопротивление и температурный коэффициент сопротивления

Вещество	Удельное сопротивление (при 20 °С), $\rho$ , 10 <sup>-9</sup> , Ом·м	Температурный коэффициент сопротивления, $\alpha$ , °С <sup>-1</sup>
Алюминий	26	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Графит	$3,9 \cdot 10^3$	$-0,8 \cdot 10^3$
Вольфрам	55	$5,2 \cdot 10^{-3}$
Железо	98	$6,2 \cdot 10^{-3}$
Медь	17	$4,2 \cdot 10^{-3}$
Никелин	400	
Нихром	1100	
Серебро	16	

### 7. Диэлектрическая проницаемость

Вещество	Значение, $\epsilon$	Вещество	Значение, $\epsilon$
Вода	81,0	Слюда	7,0
Масло (трансформаторное)	2,2	Стекло	7,0
		Фарфор	5,0
Парафин	2,0	Эбонит	3,0

### 8. Показатели преломления

Вещество	Значение, $n$	Вещество	Значение, $n$
Алмаз	2,41	Лед	1,31
Вода	1,33	Сероуглерод	1,63
Кварц	1,54	Стекло	1,52

## 9. Энергия ионизации

Вещество	Энергия	
	Дж	эВ
Водород	$2,18 \cdot 10^{-18}$	13,6
Гелий	$3,94 \cdot 10^{-18}$	24,6
Литий	$1,21 \cdot 10^{-17}$	75,5
Ртуть	$1,66 \cdot 10^{-18}$	10,4

## 10. Работа выхода электронов из металла

Металл	Работа, эВ	Металл	Работа, эВ
Алюминий	3,7	Медь	4,3
Вольфрам	4,5	Платина	6,3
Калий	2,2	Серебро	4,7
Литий	2,3	Цезий	1,8
Натрий	2,5	Цинк	4,0

## 11. Масса и энергия покоя некоторых элементарных частиц

Частицы	Масса покоя, $m_0$ ,		Энергия покоя, $E_0$ ,	
	а.е.м.	кг	МэВ	Дж
Электрон	$5,486 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-31}$	0,511	$8,16 \cdot 10^{-14}$
Протон	1,00728	$1,6724 \cdot 10^{-27}$	938,23	$1,50 \cdot 10^{-10}$
Нейтрон	1,00867	$1,6748 \cdot 10^{-27}$	939,53	$1,51 \cdot 10^{-10}$
Дейтрон	2,01355	$3,3325 \cdot 10^{-27}$	1875,5	$3,00 \cdot 10^{-10}$
$\alpha$ -частица	4,0047	$6,6444 \cdot 10^{-27}$	3726,2	$5,96 \cdot 10^{-10}$

## 12. Элементы периодической системы и массы нейтральных атомов

Элемент системы	изотоп	Масса, а.е.м.	Элемент системы	изотоп	Масса, а.е.м.
Водород ${}_1\text{H}$	-	1,00797	литий	${}^6_3\text{Li}$	6.01513
	${}^1_1\text{H}$	1.00783		${}^7_3\text{Li}$	7.01601
	${}^2_1\text{H}$	2.01410	Бериллий	${}^7_4\text{Be}$	7.01693
${}^3_1\text{H}$	3.01605	Магний		${}^{24}_{12}\text{Mg}$	23.99267
Гелий $\text{He}$	-		4.00260	${}^{27}_{12}\text{Mg}$	26.98449
	${}^3_2\text{He}$	3.01605	Алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	26.99010
	${}^4_2\text{He}$	4.00260		Фосфор	${}^{33}_{15}\text{P}$
Фтор $\text{F}$	${}^{18}_9\text{F}$	18.00095	Сера		${}^{33}_{16}\text{S}$
				Кремний	${}^{27}_{14}\text{Si}$
Железо ${}_{26}\text{Fe}$	-	55.84700	Золото		
				Медь ${}_{29}\text{Cu}$	-
Вольфрам ${}_{74}\text{W}$	-	183.8500	Торий		
				Радий	${}^{226}_{88}\text{Ra}$

### 13. Граница $K_{\alpha}$ - серии рентгеновского излучения.

Вещество	$\lambda, 10^{-10}, \text{м}$	Вещество	$\lambda, 10^{-10}, \text{м}$
Вольфрам	0,178	Платина	0,158
Золото	0,153	Серебро	0,484
Медь	1,38		

Локальный электронный методический материал

Андрей Михайлович Иванов

ФИЗИКА

Редактор Э. С. Круглова

Уч.-изд. л. 4,8. Печ. л. 4,25

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1