

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

**О. М. Лелюшкина**

## **ФИЗИКА**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся по направлению подготовки 19.03.04 Технология продукции  
и организация общественного питания

Профиль программы  
«БАЛТИЙСКАЯ ВЫСШАЯ ШКОЛА ГАСТРОНОМИИ»

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

Рецензент

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

**Лелюшкина, О. М.**

Физика: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины по направлению подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания / **О. М. Лелюшкина** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 47 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 занятиям.

Табл. - 3, список лит. – 9 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала на заседании кафедры физики института морских технологий, энергетики и строительства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 02.12.2022 г., протокол № 12

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к использованию в учебном процессе в качестве локального электронного методического материала методической комиссией ИАПС от 30.10.2023 г., протокол № 8

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	7
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	31
3. ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	39
ПРИЛОЖЕНИЕ. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ	40

## Введение

Физика – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи, законы ее движения. Физика – экспериментальная и точная наука, ее законы базируются на опытных фактах и представляют собой количественные соотношения, сформулированные на математическом языке. Благодаря общности проявления физические понятия и закономерности лежат в основе всего естествознания. Бакалавру приходится иметь дело с законами физики и методами исследований физических процессов.

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:

- основные системы единиц измерения физических величин;
- основные математические методы, используемые при решении физических задач;

- фундаментальные физические законы и их взаимосвязь;
- принципы основных физических теорий.

Уметь:

- планировать и проводить несложные экспериментальные исследования;
- объяснять в рамках основных физических законов результаты, полученные в процессе эксперимента;
- строить простейшие теоретические модели физических явлений;
- представлять результаты экспериментальных и теоретических исследований в графическом виде;
- решать типовые задачи, делать простейшие качественные оценки.

Владеть:

- представлениями о математическом аппарате, применяемом в различных разделах физики;
- представлениями о фундаментальном характере основных физических законов;
- представлениями об основных моделях, используемых в современной физике;
- представлениями о роли эксперимента в физике;
- представлениями о проблемах современной физики, определяющих развитие передовых технологий в области электронного приборостроения.

Дисциплина «Физика» относится к Математическому и естественнонаучному модулю образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания.

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 – экзамен.

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 работам;

- задания к контрольной работе;
- контрольные вопросы по лабораторным работам.

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

- вопросы к экзамену.

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>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 полнотой 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	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	из имеющихся у него сведений		исследование новые, релевантные задаче данные	релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<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

Для успешного освоения дисциплины «Физика» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень вопросов для подготовки к практическим занятиям, задания для контрольных работ и вопросы организации самостоятельной работы студентов.

## 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, укладывая 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 экзамена во 2 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.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 2.



Таблица 2 - Тематический план ЛЗ

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

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.

### **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. Сопоставьте основные уравнения динамики поступательного и вращательного движений, прокомментировав их аналогию.

## **Тема 5. 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 6. 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-Клайперона 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 теплоёмкостью. Необходимо ознакомиться с теплоёмкостью при постоянном давлении и с теплоёмкостью при постоянном объёме. 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-ое начало термодинамики.
7. Сформулируйте 1-ое начало термодинамики для изопрцессов.
8. Запишите уравнение Пуассона для адиабатического процесса.

## **Тема 7. 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 в виду 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 8. 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 из себя понятие внутреннего трения?

### **Тема 9. 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 напряженности? Единица его в СИ?
7. Какова связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля? Выведите ее и объясните. Каков физический смысл этих понятий?

### **Тема 10. 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 емкости уединенного проводника. Изучить систему из двух проводников, называемую конденсатором.

Уделить внимание энергии заряженных уединенного 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. Запишите формулы для энергии заряженного конденсатора, выражая ее через заряд на обкладках конденсатора и через напряженность поля.

### **Тема 11. 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 12. 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. Изучить 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. Запишите законы Ома и Джоуля — Ленца в дифференциальной форме.
9. Как формулируются правила Кирхгофа? На чем они основаны?
10. Как составляются уравнения, выражающие правила Кирхгофа?

### **Тема 13. Магнитное поле**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Источники магнитного поля
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).
8. Напряженность магнитного поля.
9. Классификация магнетиков.

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

Литература: [5, с. 202-218; 234-245]

*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). Рассмотреть понятия магнитных полей в веществе, напряженность магнитного поля, магнитная проницаемость. Детально изучить классификацию магнетиков: ферромагнетики, парамагнетики, диамагнетики.

*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. Чему равна и как направлена сила, действующая на отрицательный электрический заряд, движущийся в магнитном поле?
8. Чему равна работа силы Лоренца при движении протона в магнитном поле? Ответ обосновать.
9. Что такое диамагнетики? парамагнетики? В чем различие их магнитных свойств?

## **Тема 14. Электромагнитная индукция**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Феноменология электромагнитной индукции.
2. Правило Ленца.
3. Уравнение электромагнитной индукции.
4. Самоиндукция
5. Индуктивность соленоида
6. 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 15. 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 16. Электромагнитные колебания и волны**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Свободные колебания в колебательном контуре.

2. Вынуждение 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 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.

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. Как можно представить себе шкалу электромагнитных волн, и каковы источники излучения разных видов волн?

## **Тема 17. 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 18. Дифракция волн**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Принцип Гюйгенса-Френеля
2. Дифракция Френеля на простейших преградах
3. Дифракция Фраунгофера

*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 19. Поляризация волн**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Форма и степень поляризации монохроматических волн
2. Получение и анализ линейно-поляризованного света
3. Линейное двойное лучепреломление

*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, 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 20. 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. Явление внешнего фотоэффекта. Красная граница. Уравнение Эйнштейна.

7. Корпускулярно-волновой дуализм света.

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

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. Изучить явление внешнего фотоэффекта.

#### *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. При каких условиях из формулы Планка получаются закон смещения Вина и формула Рэлея — Джинса?
5. Сформулировать законы внешнего фотоэффекта.

### **Тема 21. 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. Принцип неопределенности Гейзенберга
4. Волновая функция, ее статистический смысл и условия, которым она должна удовлетворять
5. Уравнение Шредингера
6. 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. 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. Как изменится коэффициент прозрачности потенциального барьера с увеличением его ширины в два раза?

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

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

## 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.

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

Таблица 3 - Тематический план ПЗ

Номер темы	Содержание практического занятия
1	Кинематика и динамика материальной точки
2	Законы сохранения в механике
3	Элементы механики твердого тела. Механические колебания
4	Элементы молекулярной физики и термодинамики
5	Электростатика. Постоянный электрический ток
6	Магнитное поле. Электромагнитные колебания
7	Волновая и квантовая оптика

### **Практическое занятие № 1: Кинематика и динамика материальной точки**

*Цель:* получение практических умений и навыков в области кинематики и динамики материальной точки.

*Задание по практической работе:*

Решить задачи:

1. Тело брошено под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту со скоростью  $V_0 = 20$  м/с. Найти дальность полета  $S$  тела. Соппротивлением воздуха пренебречь.
2. Материальная точка движется согласно уравнению  $x(t) = 5 + 10t - 2t^2$ . Найти проекции скорости  $V_x$  и ускорения  $a_x$  материальной точки в момент времени  $t_1 = 5$  с.
3. Якорь электродвигателя, имеющий частоту вращения  $n = 50$  с<sup>-1</sup>, после выключения тока остановился, сделав  $N=628$  оборотов. Определить угловое ускорение якоря  $\varepsilon$ .
4. Мотоциклист едет по горизонтальной дороге со скоростью 72 км/ч, делая поворот радиусом кривизны в 100 м. Под каким углом к горизонту он должен наклониться, чтобы не упасть при повороте?
5. 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.
6. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием  $M = 15$  т. Орудие стреляет вверх под углом  $\varphi = 60^\circ$  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?
7. 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 № 2: Законы сохранения в механике

*Цель:* получение практических умений и навыков в области импульса и 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  $\varphi = 30^\circ$ , 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. Соппротивлением воздуха пренебречь.

### Практическое занятие № 3: Элементы механики твердого тела.

#### Механические колебания

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчете момента инерции твердых тел, момента импульса и энергии вращательного движения; приобретение навыков нахождения основных характеристик колебательного движения и составления уравнения механических колебаний.

*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  $\omega$  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. 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.

5. 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  $a_{\max}$ .

6. 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.

### Практическое занятие № 4: Элементы молекулярной физики и термодинамики

*Цель:* получение практических умений и навыков при расчете и использовании термодинамических параметров в задачах на законы идеального газа, использовании первого начала термодинамики для нахождения работы и

внутренней энергии идеального газа, а также получение навыков расчета КПД теплового двигателя.

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. В баллоне емкостью 50 л находится сжатый водород при 27 °С. После того как часть газа выпустили, давление понизилось на  $1 \cdot 10^5$  Па. Определить массу выпущенного водорода. Процесс считать изотермическим.

2. При температуре 300 К и давлении  $1,2 \cdot 10^5$  Па плотность смеси водорода и азота  $1 \text{ кг/м}^3$ . Определить молярную массу смеси.

3. Какое количество теплоты нужно сообщить 2 молям воздуха, чтобы он совершил работу в 1000 Дж: а) при изотермическом процессе; б) при изобарическом процессе.

4. Найти работу и изменение внутренней энергии при адиабатном расширении 28 г азота, если его объем увеличился в два раза. Начальная температура азота 17 °С.

5. Кислород, занимающий объем 10 л и находящийся под давлением  $2 \cdot 10^5$  Па, адиабатно сжат до объема 2 л. Найти работу сжатия и изменение внутренней энергии кислорода.

6. 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.

### **Практическое занятие № 5: Электростатика. Постоянный электрический ток**

*Цель:* получение практических умений и навыков в области электростатики и при расчете параметров электрической цепи с использованием закона Ома и закона Джоуля-Ленца.

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. В вершинах квадрата со стороной 0,1 м помещены заряды по 0,1 нКл. Определить напряженность и потенциал поля в центре квадрата, если один из зарядов отличается по знаку от остальных.

2. Какую работу совершают силы поля, если одноименные заряды 1 и 2 нКл, находившиеся на расстоянии 1 см, разошлись до расстояния 10 см?

3. Конденсатор емкостью 6 мкФ последовательно соединен с конденсатором неизвестной емкости и они подключены к источнику постоянного напряжения 12 В. Определить емкость второго конденсатора и напряжения на каждом конденсаторе, если заряд батареи 24 мкКл.

4. Плотность тока в никелиновом проводнике длиной 25 м равна  $1 \text{ МА/м}^2$ . Определить разность потенциалов на концах проводника.

5. К источнику тока подключают один раз резистор сопротивлением 1 Ом, другой раз – 4 Ом. В обоих случаях на резисторах за одно и то же время

выделяется одинаковое количество теплоты. Определить внутреннее сопротивление источника тока.

6. 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 № 6: Магнитное поле. Электромагнитные колебания**

*Цель:* получение практических умений и навыков в области магнитостатики при решении задач с использованием закона Ампера, силы Лоренца, при нахождении параметров электромагнитной индукции и параметров электромагнитных колебаний.

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. Два параллельных бесконечно длинных проводника с токами 10 А взаимодействуют с силой 1 мН на 1 м их длины. На каком расстоянии находятся проводники?

2. Проводник длиной 15 см движется перпендикулярно направлению однородного магнитного поля индукцией 0,3 Тл со скоростью 10 м/с, перпендикулярной проводнику. Определить ЭДС, индуцируемую в проводнике.

3. Однородное магнитное поле напряженностью 900 А/м действует на помещенный в него проводник длиной 25 см с силой 1 мН. Определить силу тока в проводнике, если угол между направлениями тока и индукции магнитного поля равен  $45^\circ$ .

4. Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону  $I = 0,1 \sin 10^3 t$  А. Индуктивность контура 0,1 Гн. Найти закон изменения напряжения на конденсаторе и его емкость.

5. Максимальная сила тока в колебательном контуре 0,1 А, а максимальное напряжение на обкладках конденсатора 200 В. Найти циклическую частоту колебаний, если энергия контура 0,2 мДж.

6. На какую длину волны  $\lambda$  будет резонировать контур, состоящий из катушки индуктивностью  $L = 4$  мкГн и конденсатора электроемкостью  $C = 1,11$  нФ?

### **Практическое занятие № 7: Волновая и квантовая оптика**

*Цель:* получение практических умений и навыков при решении задач в области интерференции, дифракции и поляризации света, а также в области теплового излучения и внешнего фотоэффекта.

*Задание по практической работе:*

Решить следующие задачи:

1. В опыте Юнга одна из щелей перекрывалась прозрачной пластинкой толщиной 11 мкм, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в

положение, первоначально занятое десятой светлой полосой. Найти показатель преломления пластины, если длина волны света равна 0,55 мкм.

2. На дифракционную решетку с периодом 6 мкм падает нормально свет. Какие спектральные линии, соответствующие длинам волн, лежащим в пределах видимого спектра, будут совпадать в направлении  $\varphi=30^\circ$ ?

3. На пленку из глицерина толщиной 0,25 мкм падает белый свет. Каким будет казаться цвет пленки в отраженном свете, если угол падения лучей равен  $60^\circ$ ?

4. Вычислить энергию, излучаемую за время  $t = 1$  мин с площади  $S = 1 \text{ см}^2$  абсолютно черного тела, температура которого  $T = 1000 \text{ К}$ .

5. Длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения абсолютно черного тела,  $\lambda_m = 0,6 \text{ мкм}$ . Определить температуру  $T$  тела.

6. Определить энергию  $\varepsilon$ , массу  $m$  и импульс  $p$  фотона с длиной волны  $\lambda = 1,24 \text{ нм}$ .

7. На пластину падает монохроматический свет ( $\lambda = 0,42 \text{ мкм}$ ). Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов  $U = 0,95 \text{ В}$ . Определить работу  $A$  выхода электронов с поверхности пластины.

### Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

Согласно учебному плану дисциплины «Физика» направления подготовки 35.03.09 – Промышленное рыболовство, 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.

И (ИЛИ)

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

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

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.

ИЛИ

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.

ИЛИ

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.

ИЛИ

Отсутствует рисунок при его необходимости для решения задачи.

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

### **3. Типовые варианты для контрольной работы**

#### **Вариант 1**

1. Человек, стоящий на краю утеса, бросает вверх камень со скоростью  $V$ . Второй камень он бросает вниз с той же скоростью. Какой камень достигнет подножья утеса с большей скоростью? Сопротивлением воздуха пренебречь.

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

3. Заряженная частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $\Delta\varphi=600$  кВ, приобрела скорость  $V=6$  Мм/с. Определить удельный заряд  $q/m$  частицы.

4. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 6 мкФ и катушки индуктивностью 0,24 Гн. Определить максимальную силу тока в контуре, если максимальное напряжение на обкладках конденсатора равно 400 В. Сопротивление контура принять равным нулю.

5. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между темными полосами на экране 2,5 мм, а расстояние от мнимых источников до экрана 2 м. Определить расстояние между мнимыми источниками, если длина световой волны 0,62 мкм.

### Вариант 2

1. Шар радиусом 10 см и массой 5 кг вращается вокруг оси симметрии согласно уравнению  $\varphi = A + B \cdot t^2 + C \cdot t^3$  рад, где  $B = 2 \text{ рад}/\text{с}^2$ ,  $C = -0.5 \text{ рад}/\text{с}^3$ . Определить момент сил для  $t=3$  с.

2. Какая доля количества теплоты, подводимого к идеальному двухатомному газу при изобарном процессе, расходуется на увеличение его внутренней энергии?

3. Амплитуда гармонического колебания равна 5 см, период 4 с, начальная фаза  $60^\circ$ . Написать уравнение этого колебания. Найти смещение колеблющейся точки от положения равновесия при  $t = 0$  и при  $t = 1,5$  с.

4. В однородном магнитном поле, индукция которого 0,1 Тл движется провод длиной 2 м со скоростью 5 м/с. Направления магнитного поля, вектора скорости и провода взаимно перпендикулярны. Какая ЭДС наводится в проводе?

5. Длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения черного тела, равна 580 нм. Определить максимальную спектральную плотность энергетической светимости.

### Вариант 3

1. Пуля, массой  $m_1 = 0,01$  кг, летевшая горизонтально со скоростью  $V_1 = 600$  м/с, попала в деревянный шар массой  $M = 5$  кг, висящий на прочном подвесе, и застряла в шаре. На какую высоту  $h$ , откатнувшись после удара, поднялся шар?

2. Вычислить плотность  $\rho$  азота, находящегося в баллоне под давлением  $P = 2$  МПа и имеющего температуру  $T = 400$  К.

3. Найти максимальную кинетическую энергию материальной точки массой 2 г, совершающей гармонические колебания с амплитудой 4 см и частотой 5 Гц.

4. При включении в электрическую цепь проводника диаметром 0,5 мм и длиной 4,7 м разность потенциалов на концах проводника 1,2 В при величине тока в цепи 1 А. Определить удельное сопротивление материала проводника.

5. Кинетическая энергия электронов, вылетающих из металла под действием света, равна 0,5 эВ, работа выхода для этого металла равна  $4,18 \cdot 10^{-19}$  Дж. Найти длину волны падающего света.

## Библиографический список

1. Калашников, Н.П. Основы физики: в 2 т.: учеб. пособие / Н. П. Калашников, М. А. Смондырев. - 3-е изд., стер. - Москва: Дрофа, 2007 - . Т. 1. - 3-е изд., стер. - 398 с.
2. Калашников, Н. П. Основы физики: в 2 т.: учеб. пособие / М. А. Смондырев, Н. П. Калашников. - 2-е изд., перераб. - Москва: Дрофа, 2004 - . Т. 2. - 2004. - 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. - 640с.
7. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике: учеб. пособие / И. В. Савельев. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург [и др.]: 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 [и др.]: Лань, 2007. - 126 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

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

## 2. Некоторые астрономические величины.

Средний радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м
Средняя плотность Земли	5500 кг/м <sup>3</sup>
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24}$ 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	1,74·10 <sup>6</sup> м
Масса Луны	7,3·10 <sup>22</sup> кг
Период вращения Луны вокруг Земли	27 сут. 7 час. 43 мин.
Среднее расстояние между центрами Земли и Луны	3,84·10 <sup>8</sup> м
Среднее расстояние между центрами Солнца и Земли	1,5·10 <sup>11</sup> м

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

<i>Жидкость</i>	<i>Плотность</i> (при 15 °С), ρ, кг/м <sup>3</sup>	<i>Динамическая</i> <i>вязкость</i> (при 20 °С), η, мПа·с	<i>Поверхностное</i> <i>натяжение</i> (при 20 °С), σ, Н/м	<i>Удельная</i> <i>теплоемкость,</i> с, Дж/(кг·К)	<i>Удельная теплота</i> <i>парообразования</i> (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.

<i>Вещество</i>	<i>Плотность, <math>\rho</math>, кг/м<sup>3</sup></i>	<i>Эффективный диаметр, d, нм</i>	<i>Динамическая вязкость, <math>\eta</math>, мкПа·с</i>	<i>Теплопроводность, <math>\lambda</math>, мВт/(м·К)</i>
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.**

<i>Вещество</i>	<i>Плотность, <math>\rho</math>, кг/м<sup>3</sup></i>	<i>Модуль упругости, E, 10<sup>16</sup> Па</i>	<i>Линейное расширение <math>\alpha</math>, 10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup></i>	<i>Удельная теплоемкость, с, Дж/(кг·К)</i>	<i>Удельная теплота плавления, <math>\lambda</math>, 10<sup>3</sup>, Дж/(кг)</i>
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.**

<i>Вещество</i>	<i>Удельное сопротивление (при 20 °С), <math>\rho</math>, <math>10^{-9}</math>, Ом·м</i>	<i>Температурный коэффициент сопротивления, <math>\alpha</math>, °С<sup>-1</sup></i>
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.**

<i>Вещество</i>	<i>Значение, <math>\epsilon</math></i>	<i>Вещество</i>	<i>Значение, <math>\epsilon</math></i>
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.**

<i>Вещество</i>	<i>Значение, <math>n</math></i>	<i>Вещество</i>	<i>Значение, <math>n</math></i>
Алмаз	2,41	Лед	1,31
Вода	1,33	Сероуглерод	1,63
Кварц	1,54	Стекло	1,52

### 9. Энергия ионизации.

<i>Вещество</i>	<i>Энергия</i>	
	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.

<i>Металл</i>	<i>Работа, эВ</i>	<i>Металл</i>	<i>Работа, эВ</i>
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.

<i>Частицы</i>	<i>Масса покоя, <math>m_0</math>,</i>		<i>Энергия покоя, <math>E_0</math>,</i>	
	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.

<i>Элемент системы</i>	<i>изотоп</i>	<i>Масса, а.е.м.</i>	<i>Элемент системы</i>	<i>изотоп</i>	<i>Масса, а.е.м.</i>
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	${}^{33}_{15}\text{P}$	32,95781
Фтор $\text{F}$	${}^{18}_9\text{F}$	18.00095	Сера	${}^{33}_{16}\text{S}$	32,97163
Кремний	${}^{27}_{14}\text{Si}$	26.81535	Цезий	${}^{132}_{55}\text{Cs}$	131,90724
Железо ${}_{26}\text{Fe}$	-	55.84700	Золото	${}^{196}_{79}\text{Au}$	195,96756
Медь ${}_{29}\text{Cu}$	-	63.54000	Радий	${}^{224}_{88}\text{Ra}$	224,02124
Вольфрам ${}_{74}\text{W}$	-	183.8500	Торий	${}^{228}_{90}\text{Th}$	228,02987
Радий	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	226.02536		${}^{232}_{90}\text{Th}$	232,0380

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

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



Локальный электронный методический материал

Оксана Михайловна Лелюшкина

ФИЗИКА

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 3,1. Печ. л. 2,9

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