

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»

Проректор по учебно-
методической работе
_____ Ю.А. Устименко
«09» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.Б.09 Физика**

Направление подготовки: 05.03.06 Экология и природопользование

Направленность: Экология и природопользование

Курс – 1

Семестр – 2

Форма обучения – очная

Всего зачетных единиц – 3, часов – 108

Лекции – 16 час.

Лабораторные занятия – 34 час.

Самостоятельная работа – 58 час.

Контрольная работа – 2 семестр

Форма отчетности: зачет – 2 семестр

Программу разработал:

кандидат технических наук, доцент кафедры физики и технических дисциплин Царева
Е.А.

Одобрена на заседании кафедры физики и технических дисциплин

«02» сентября 2021 года, протокол № 1

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина Б1.Б.09 «Физика» включена в базовую часть ОП по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование. Изучение физики позволяет создать условия, необходимые для формирования у студентов современного естественнонаучного мировоззрения и целостной научной картины мира, в которой органично сочетаются знания из различных областей науки. Изучение дисциплины Физика позволяет заложить фундамент для более глубокого и осмысленного понимания студентами биологических, химических, геологических и экологических процессов, протекающих в биосфере, атмосфере, Мировом океане, на поверхности и в недрах Земли. Дисциплина «Физика» имеет межпредметные связи с дисциплинами «Химия», «Биология»

Курс органически сочетает представления классической и современной физической науки, включает в себя основные сведения о физических процессах и законах, что позволяет формировать у студентов представление о физике как ключевой области естествознания, играющей важнейшую роль в различных областях природы и человеческой деятельности. Курс состоит из 5 разделов: «Основы механики», «Основы молекулярной физики и термодинамики», «Основы электродинамики», «Основы оптики», «Элементы атомной и ядерной физики». Изучение каждого раздела заканчивается зачетом, который включает в себя контроль усвоения студентом теоретического материала, а также отчеты о выполнении и защиту лабораторных работ.

Одной из особенностей курса физики является наличие лабораторного практикума, который позволяет сформировать у студентов навыки работы с измерительными приборами и инструментами, применяемыми при изучении других естественных наук (термометр, барометр, психрометр и др.).

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

- владением базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии и биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в экологии и природопользования; методами химического анализа, знаниями о современных динамических процессах в природе и техносфере, о состоянии геосфер Земли, экологии и эволюции биосферы, глобальных экологических проблемах, методами отбора и анализа геологических и биологических проб, а также навыками идентификации и описания биологического разнообразия, его оценки современными методами количественной обработки информации (ОПК-2)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать: фундаментальные разделы физики, такие как механика, молекулярная физика и термодинамика, электричество, оптика, физика атома и атомного ядра в объеме, необходимом для освоения физических основ экологии и природопользования.

Уметь: применять знания об основных физических теориях и законах для объяснения различных природных явлений и процессов, протекающих в атмосфере, на поверхности и в недрах Земли, а также в Мировом океане.

Владеть: основными навыками экспериментальной деятельности, а именно: планирование эксперимента, работа с измерительными приборами и инструментами, простейшими экспериментальными установками, обработка результатов эксперимента.

3. Содержание дисциплины

Введение

Физика как основа современного естествознания. Предмет изучения физики. Методы физики. Связь физики с другими естественными науками.

Основы механики

Кинематика материальной точки и абсолютно твердого тела. Основные понятия кинематики поступательного движения: радиус-вектор, скорость, ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение материальной точки. Основные понятия кинематики вращательного движения: угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение. Вращательное движение твердого тела.

Динамика материальной точки и абсолютно твердого тела. Законы Ньютона. Силы в механике: сила тяжести, сила упругости, сила трения. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Момент силы, момент инерции.

Законы сохранения в механике. Импульс, закон сохранения и закон изменения импульса. Работа силы, механическая энергия, кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения и закон изменения полной механической энергии.

Механические колебания. Колебательное движение. Основные величины, характеризующие колебательное движение: амплитуда, частота, период, фаза. Гармонические колебания. Маятники. Свободные и затухающие колебания маятников. Вынужденные колебания.

Механические волны. Виды механических волн (плоские и сферические, продольные и поперечные). Длина волны. Скорость распространения волны.

Основы молекулярной физики и термодинамики

Основы молекулярно-кинетической теории. Основные положения молекулярно-кинетической теории. Модель идеального газа. Давление газа на стенки сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Температура. Теорема о равномерном распределении энергии. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы.

Основы термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа. Способы изменения внутренней энергии: теплопередача и совершение работы. Первое начало термодинамики. Теплоемкость газа. Адиабатный процесс. Энтропия. Второе и третье начала термодинамики. Основы работы тепловых двигателей.

Фазовые переходы. Понятия фазы и фазового перехода. Фазовые переходы первого рода: парообразование (испарение и кипение), конденсация, плавление, кристаллизация. Влажность воздуха.

Основы электродинамики

Статическое электрическое и магнитное поля. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электрического поля. Вектор индукции магнитного поля. Сила Ампера. Сила Лоренца. Энергия электрического и магнитного полей.

Постоянный электрический ток. Сила тока, напряжение, электродвижущая сила, сопротивление проводника. Закон Ома для однородного участка цепи и для замкнутой цепи. Закон Джоуля-Ленца.

Электромагнитная индукция. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея, правило Ленца.

Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре. Переменный электрический ток. Закон Ома для последовательной цепи переменного тока.

Электромагнитные волны. Поперечность электромагнитных волн. Скорость распространения, энергия, переносимая электромагнитной волной. Шкала электромагнитных волн.

Основы оптики

Основы волновой оптики. Понятие о когерентности. Интерференция и дифракция световых волн.

Геометрическая оптика. Понятие светового луча. Законы геометрической оптики (закон прямолинейного распространения света, отражения и преломления). Зеркала. Линзы. Построение изображения в тонких линзах.

Квантовая природа излучения. Тепловое излучение. Модель абсолютно черного

тела. Закономерности теплового излучения (закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина). Гипотеза Планка. Внешний фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.

Элементы атомной и ядерной физика

Элементы квантовой физики атомов. Модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Волновые свойства частиц вещества. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция.

Элементы ядерной физики. Строение атомного ядра. Явление радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции и термоядерный синтез.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			лекции	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	Введение	6	-	2	4
2.	Основы механики	30	4	10	16
3.	Основы молекулярной физики и термодинамики	20	4	6	10
4.	Основы электродинамики	24	4	8	12
5.	Основы оптики	18	2	6	10
6.	Элементы атомной и ядерной физики	10	2	2	6
ИТОГО		108	16	34	58

5. ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Лекции

Лекция №1

Введение. Основы механики. *Кинематика материальной точки и абсолютно твердого тела*

1. Предмет изучения физики. Методы физической науки.
2. Связь физики с другими естественными науками.
3. Механика. Механическое движение. Модель материальной точки и абсолютно твердого тела.
4. Поступательное и вращательное движение.
5. Координатный и векторный способы описания поступательного движения.
6. Скорость и ускорение поступательного движения материальной точки.
7. Прямолинейное равноускоренное движение материальной точки.
8. Угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение.
9. Кинематическое уравнение вращательного движения твердого тела.

Лекция №2

Основы механики. *Динамика материальной точки и абсолютно твердого тела. Законы сохранения в механике*

1. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона.
2. Сила и масса. Второй и третий законы Ньютона.
3. Момент инерции материальной точки и твердого тела.
4. Момент силы относительно точки и относительно оси вращения.
5. Основное уравнение динамики вращательного движения.
6. Импульс материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения и закон изменения импульса.
7. Работа силы. Механическая энергия. Кинетическая и потенциальная энергии.
8. Закон сохранения и закон изменения полной механической энергии.

Лекция №3

Основы молекулярной физики и термодинамики. *Основы молекулярно-кинетической теории*

1. Понятие макроскопической системы. Термодинамический и молекулярно-кинетический методы изучения макросистем.
2. Основные положения молекулярно-кинетической теории и их подтверждение. Масса и размеры молекул.
3. Модель идеального газа.
4. Давление газа на стенки сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
5. Температура как мера средней кинетической энергии молекул идеального газа.
6. Число степеней свободы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
7. Уравнение состояния идеального газа.
8. Изотермический, изохорный и изобарный процессы.

Лекция №4

Основы молекулярной физики и термодинамики. *Основы термодинамики. Фазовые переходы*

1. Внутренняя энергия идеального газа.
2. Способы изменения внутренней энергии: теплопередача и совершение работы.
3. Первое начало термодинамики.
4. Теплоемкость газа. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона.
5. Энтропия. Второе и третье начала термодинамики.
6. Основы работы тепловых двигателей. Цикл Карно.
7. Понятия фазы и фазового перехода. Фазовые переходы 1 и 2 рода.
8. Фазовые переходы первого рода: парообразование (испарение и кипение), конденсация, плавление, кристаллизация.
9. Влажность воздуха.

Лекция №5

Основы электродинамики. *Статическое электрическое и магнитное поля.*

Постоянный электрический ток

1. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда.
2. Закон Кулона.
3. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Линии напряженности электрического поля.
4. Работа электростатического поля по перемещению зарядов. Потенциал электрического поля.
5. Магнитное поле. Вектор индукции магнитного поля.
6. Проводник с током в магнитном поле. Сила Ампера.
7. Движущаяся заряженная частица в магнитном поле. Сила Лоренца.
8. Энергия электрического и магнитного полей.

Лекция №6

Основы электродинамики. *Электромагнитная индукция. Механические колебания.*

Механические волны. Электромагнитные колебания. Электромагнитные волны

1. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея, правило Ленца.
2. Колебательное движение. Механические колебания.
3. Амплитуда, период, частота, циклическая частота, фаза колебаний.
4. Гармонические колебания.
5. Маятники. Свободные колебания математического маятника.
6. Затухающие колебания.
7. Понятие о вынужденных колебаниях. Резонанс.
8. Электромагнитные колебания. Колебательный контур.
9. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре.
10. Переменный электрический ток. Закон Ома для последовательной цепи переменного тока. Механические волны.

11. Виды механических волн (плоские и сферические, продольные и поперечные).
12. Длина волны. Скорость распространения волны.
13. Электромагнитные волны. Поперечность электромагнитных волн.
14. Скорость распространения электромагнитных волн. Энергия, переносимая электромагнитной волной.
15. Шкала электромагнитных волн.

Лекция №7

Основы оптики. *Основы волновой оптики. Геометрическая оптика. Квантовая природа излучения*

1. Волновая оптика. Когерентные световые волны. Условия когерентности.
2. Интерференция световых волн.
3. Дифракция световых волн.
4. Основы геометрической оптики. Понятие светового луча.
5. Основные законы геометрической оптики: закон прямолинейного распространения света, закон отражения, закон преломления.
6. Тепловое излучение. Модель абсолютно черного тела.
7. Законы теплового излучения (закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина). Ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка.
8. Внешний фотоэлектрический эффект и его законы. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.

Лекция №8

Элементы атомной и ядерной физики. *Элементы квантовой физики атомов. Элементы ядерной физики*

1. Сложная структура атомов. Модель атома Резерфорда.
2. Постулаты Бора.
3. Волновые свойства частиц вещества. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
4. Волновая функция.
5. Атомное ядро, его состав и основные характеристики. Ядерные силы.
6. Явление радиоактивности. α , β , γ - распады.
7. Закон радиоактивного распада. Период полураспада.
8. Ядерные реакции и термоядерный синтез.

Лабораторные занятия

Методические рекомендации по организации лабораторных занятий

Лабораторный практикум включает в себя выполнение лабораторных работ по основным темам курса и проводится параллельно с теоретическим обучением.

Выполнение лабораторной работы включает в себя три основных этапа:

1) *Самостоятельная подготовка студента к выполнению лабораторной работы.*
На данном этапе студент самостоятельно изучает методические указания по выполнению лабораторной работы, учебную литературу по теме лабораторной работы, выполняет заготовку отчета и изучает экспериментальную установку, приборы и оборудование (в дополнительное время, отведенное в лаборатории для самоподготовки студентов).

2) *Выполнение лабораторной работы (проведение эксперимента) и обработка экспериментальных данных.* На данном этапе студент во время лабораторного занятия получает допуск к выполнению лабораторной работы и проводит эксперимент, заносит полученные данные в заготовку отчета. Все проведенные измерения обязательно проверяются преподавателем, который отмечает их правильность своей подписью в отчете. Затем студент самостоятельно проводит необходимую математическую обработку результатов эксперимента и, на основании полученных данных, делает вывод о достижении цели лабораторной работы.

3) *Защита лабораторной работы* включает в себя проверку преподавателем письменного отчета студента о выполненной лабораторной работе, а также беседу

преподавателя со студентом по вопросам, касающимся теории изучаемого физического явления, методики проведения эксперимента, обработки полученных экспериментальных данных. Вопросы, ответы на которые студент должен знать для защиты лабораторной работы, приводятся в методических указаниях.

Лабораторные работы студенты выполняют в микрогруппах по 2-3 человека, при этом все группы во время занятия выполняют различные лабораторные работы. *Методические указания студентам для подготовки к выполнению и защите лабораторных работ представлены в приложении.*

Перечень лабораторных работ

Основы механики

1. Проверка основного закона вращательного движения.
2. Определение моментов инерции твердых тел.
3. Определение коэффициента упругости пружины статическим и динамическим методом.

4. Изучение законов колебаний математического и физического маятников.
5. Проверка закона Гука и измерение модуля Юнга.
6. Изучение законов колебаний математического маятника.

Основы молекулярной физики и термодинамики

1. Изучение адиабатического процесса и измерение адиабатической постоянной газа.
2. Измерение удельной теплоты парообразования при температуре кипения жидкости.
3. Изучение явления теплового расширения твердых тел.
4. Определение влажности воздуха.

Основы электродинамики

1. Изучение законов цепи постоянного тока.
2. Определение горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли.

Основы оптики

1. Наблюдение колец Ньютона и определение с их помощью радиуса кривизны линзы
2. Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки.
3. Определение фокусных расстояний тонких линз.
4. Определение показателя преломления стеклянной пластинки при помощи микроскопа.
5. Изучение основных законов внешнего фотоэффекта.

Элементы физики атома и атомного ядра

1. Изучение деления ядер и треков заряженных частиц по фотографиям.

Лабораторная работа

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПАРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ КИПЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Цели работы

1. Изучить явление парообразования (испарение и кипение).
2. Вычислить значение удельной теплоты парообразования воды при температуре её кипения.
3. Изучить калориметрический метод измерения скрытой теплоты фазового перехода первого рода.
4. Закрепить навыки обработки результатов эксперимента.

Приборы и принадлежности

Термометр, барометр, цифровые весы, колба с водой, электроплитка, трубка, калориметр, дополнительный сосуд.

Теоретическое введение

Фазовые переходы первого рода

В термодинамике *фазой вещества* называют макроскопическую физически однородную часть вещества, отделённую от остальных частей *границами раздела фаз*. Границы раздела проходят таким образом, что фаза может быть извлечена из вещества механическим образом. Фазами могут быть газ, монокристалл, жидкость, однако фазу нельзя отождествлять с *агрегатным состоянием* вещества. Например: углерод в твёрдом состоянии может быть представлен двумя отличающимися своей кристаллической структурой фазами – алмаз и графит, аналогично существует несколько фаз железа, серы, олова, жидкого гелия и др.

Если вещество одновременно находится в двух (или трёх) фазах, то его называют *двухфазной* (или *трёхфазной*) системой. Например, лед, плавающий в воде, представляет собой двухфазную систему; а трёхфазную систему образуют вода в закрытом сосуде вода, находящиеся над её поверхностью водяные пары и плавающие в воде кусочки льда.

Раствор, состоящий из растворителя и растворённого вещества, является *однофазной* системой вследствие своей физической однородности и не возможности отделения растворённого вещества от растворителя.

Соприкасающиеся фазы одного и того же вещества при некоторых условиях находятся в равновесии друг с другом. Равновесие фаз существует в некотором интервале температур, при этом каждому значению температуры соответствует определённое давление.

Нарушение равновесия приводит к переходу вещества из одной фазы в другую, который называют *фазовым переходом*. Фазовые переходы бывают *первого* и *второго* рода.

Фазовый переход первого рода сопровождается поглощением (или выделением) веществом *скрытой теплоты* (т.е. энергии) путём теплообмена и скачкообразным изменением удельного объёма фаз. К такому переходу относятся: *парообразование, конденсация, плавление, кристаллизация, возгонка, сублимация*. Парообразование бывает двух видов – *испарение* и *кипение*.

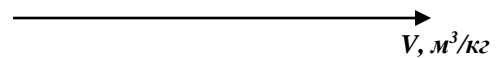
Фазовый переход второго рода характеризуется скачкообразным изменением теплоёмкости вещества без поглощения (или выделения) энергии и без скачкообразного изменения удельного объёма. Примерами этого перехода являются *служат: сверхпроводимость, сверхтекучесть*.

Испарение

Рассмотрим *испарение* – образование пара над свободной поверхностью жидкости. Испарение является примером фазового перехода первого рода.

Испарение протекает при любой температуре. *Молекулярно-кинетическая теория* объясняет этот процесс следующим образом. В жидкостях молекулы обладают различными энергиями – как большими, так и меньшими – по сравнению с той средней кинетической энергией, которая приходится в среднем на одну молекулу. Эта средняя кинетическая энергия молекул определяет температуру всей жидкости.

Поэтому при всякой температуре в жидкости найдутся такие молекулы, чья энергия может превысить среднюю кинетическую энергию вследствие столкновения молекул друг с другом. Если молекула, получившая при столкновении дополнительную энергию, окажется вблизи поверхности жидкости, то сможет преодолеть силы притяжения соседних молекул и вырваться из *поверхностного слоя* наружу, т. е. покинуть жидкость (рис. 1.). Следовательно, над поверхностью жидкости всегда есть молекулы этой жидкости в газообразном состоянии, или *пар*.



Когда жидкость находится в открытом сосуде, то испарение длится до тех пор, пока вся она превратится в пар. Но если жидкость находится в закрытом сосуде, то пар образует состояние *динамического равновесия* со своей жидкостью. Это означает, что концентрация молекул, вылетевших с поверхности жидкости (испарившихся), равна концентрации молекул, вернувшихся обратно (сконденсировавшихся). Пар в состоянии динамического равновесия называют *насыщенным паром*, и его давление – *давлением насыщенного пара*. При любой постоянной температуре насыщенный пар, по сравнению с ненасыщенным, имеет большее количество молекул в единице объема и оказывает большее давление.

На рис. 2 изображен изотермический процесс перехода жидкости (участок АВ) в газообразное состояние (участок CD, ненасыщенный пар). На участке ВС вещество находится одновременно в жидком и газообразном состоянии, т. е. двухфазном состоянии ($V_{ж}$ – удельный объем жидкости, начиная с которого происходит образование двухфазного состояния, V_n – удельный объем насыщенного пара, когда заканчивается существование двухфазного состояния). В этом состоянии испарившиеся молекулы образуют насыщенный пар. Их давление $p_{нас}$ неизменно при данной температуре, оно превышает давление ненасыщенного пара, не зависит от V_n .

Если аналогичным образом изобразить фазовый переход при другой температуре, например, при большей, то и давление насыщенного пара станет выше. Это обусловлено тем, то при нагревании увеличивается кинетическая энергия всех молекул и, следовательно, интенсивность испарения. Поэтому величина $p_{нас}$ зависит от температуры. Такая зависимость $p_{нас}(T)$ выражается *уравнением Клапейрона – Клаузиуса* и может быть представлена графически в виде *фазовой диаграммы*.

Поскольку в процессе испарения при любой температуре от поверхности жидкости отрываются сравнительно наиболее быстрые молекулы, то уменьшается *средняя кинетическая энергия* оставшихся в жидкости молекул. Вследствие этого жидкость должна бы охлаждаться, и её внутренняя энергия уменьшаться. Однако сохранение неизменным значения величины $p_{нас}$ (см. рис. 2.) и соответствующей ему неизменной температуры (и, следовательно, средней кинетической энергии молекул и внутренней энергии вещества) означает, что вещество получает извне некоторое *количество теплоты*. Оно компенсирует расход внутренней энергии вещества.

Количество теплоты, необходимое для превращения единицы массы жидкости в пар при неизменной температуре, называют *удельной теплотой парообразования* (q) или *скрытой теплотой фазового перехода*. Удельная теплота парообразования складывается из:

- а) работы, совершаемой вылетающими из жидкости молекулами, по преодолению сил поверхностного притяжения со стороны молекул, находящихся в *поверхностном слое* ($n \cdot f \cdot r$, где n - число молекул единицы массы жидкости, f - средняя сила притяжения, испытываемого каждой молекулой со стороны соседних молекул, находящихся в *сфере молекулярного действия*, r - радиус сферы молекулярного действия);
- б) работы, совершаемой вылетающими молекулами, по преодолению внешнего давления ($p \cdot (V_n - V_{жс})$, где p - внешнее давление).

Таким образом:

$$q = n \cdot f \cdot r - p \cdot (V_n - V_{жс})$$

(1)

С повышением температуры жидкости возрастает плотность насыщенного пара, что приводит к уменьшению значения силы f , т. е. значение первого слагаемого уменьшается. Кроме того, при нагревании жидкости уменьшается различие между удельными объемами $V_{ж}$ и $V_{п}$, и поэтому значение второго слагаемого тоже уменьшается. Следовательно, при увеличении температуры вещества значение удельной теплоты парообразования q уменьшается.

Следует отметить, что в результате хаотического (*теплого*) движения молекул пара над поверхностью жидкости они могут возвращаться в жидкость, т. е. пар *конденсируется*. При сближении с поверхностью жидкости сила притяжения f (см.(8.1)) ускоряет молекулу пара, сообщая ей дополнительную кинетическую энергию, равную энергии, затраченной на преодоление этой силы при испарении. Следовательно, после конденсации молекулы обладают такой же кинетической энергией, как до испарения. Поэтому при конденсации пара выделяется столько же энергии, сколько было затрачено на испарение, т.е. *скрытая теплота конденсации* равна скрытой теплоте парообразования.

Кипение

Другой вид парообразования – *кипение* – также, как и испарение, обусловлен вылетом молекул из поверхностного слоя жидкости. Однако отличается тем, что происходит только при определенной температуре,

называемой температурой кипения, и возможен только потому, что в любой жидкости в обычных условиях содержится некоторое количество растворенного в ней газа (воздуха). Воздух внутри жидкости образует *пузырьки*, которые являются *центрами кипения*. Если бы в жидкостях не было пузырьков газа, то кипение стало бы невозможным. Поэтому *кипение* – это объёмный процесс, когда молекулы жидкости испаряются внутрь пузырьков воздуха, которые с ростом температуры увеличиваются, поднимаются к свободной поверхности жидкости и лопаются. Происходит это следующим образом.

При произвольной температуре пузырьки содержат молекулы воздуха и молекулы жидкости, т. е. пар. Плотность пузырьков гораздо меньше, чем плотность окружающей их жидкости. Пузырьки находятся в равновесии благодаря равенству внутреннего и внешнего давлений:

$$P_{нас} + P_{возд} = P_{атм} + P_{гидр} + P_{Ланл}$$

(2)

Внутреннее давление, т. е. давление внутри пузырька, складывается из давления насыщенного пара $P_{нас}$ и давления молекул воздуха $P_{возд}$, а внешнее давление равно сумме атмосферного давления $P_{атм}$ (т. е. давления воздуха над свободной поверхностью жидкости), гидростатического давления $P_{гидр}$ (т. е. давления столба жидкости над пузырьком) и давления Лапласа $P_{Ланл}$ (обусловленного кривизной поверхности пузырька). Если воздух считать идеальным газом, то его давление можно выразить из уравнения Менделеева – Клапейрона:

$$P_{возд} = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot V},$$

где m и M – соответственно масса и молярная масса воздуха в пузырьке, V – объём пузырька, T – температура пузырька, равная температуре жидкости. Гидростатическое давление столба жидкости равно

$$P_{гидр} = \rho \cdot g \cdot h,$$

где h – глубине пузырька, отсчитываемая от поверхности жидкости, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения. Давление Лапласа равно

$$P_{гидр} = \frac{2 \cdot \alpha}{r},$$

где r – радиус кривизны пузырька, α – коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

При небольшом повышении температуры внутрь пузырька попадает большее количество молекул жидкости, кроме того, кинетические энергии молекул и воздуха и пара становятся больше. Следовательно, растут значения давлений $P_{нас}$ и $P_{возд}$ внутри пузырька. С ростом внутреннего давления растёт объём пузырька, а с ростом этого объёма уменьшается кривизна поверхности пузырька и поэтому уменьшается давление Лапласа $P_{Ланл}$. Одновременно с этим увеличивается выталкивающая сила Архимеда (она станет преобладать над силой сцепления пузырька со стенками сосуда, т. е. пузырёк отрывается от стенки), и пузырёк поднимается,

поэтому гидростатическое давление $p_{гидр}$ уменьшается. В результате изменения всех этих давлений пузырёк переходит в новое состояние равновесия.

Каждый пузырёк, отрываясь от стенки, оставляет на ней *зародыш* – очень маленький пузырёк. Этот зародыш при нагревании тоже наполняется паром, расширяется и движется вверх к поверхности жидкости. Поэтому образуются цепочки следующих друг за другом пузырьков.

Таким образом, при нагревании пузырьки, образующие цепочки, всё более расширяются и поднимаются. В каждом из них слагаемые внутреннего давления растут, а внешнего – уменьшаются, кроме атмосферного. Когда пузырьки оказываются у поверхности жидкости, величины $p_{Лапл.}$ и $p_{гидр}$ столь малы по сравнению с атмосферным давлением $p_{атм.}$, что ими можно пренебречь, и условие равновесия для любого пузырька примет вид:

$$P_{нас} + P_{возд} = P_{атм} ,$$

или

$$P_{нас} + \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot V} = P_{атм}$$

(3)

В тот момент, когда при некоторой температуре $T_{кип}$ давление насыщенного пара увеличится настолько, что окажется равным атмосферному давлению

$$P_{нас} = P_{атм} ,$$

давление молекул воздуха внутри любого пузырька у поверхности жидкости окажется избыточным, и условие равновесия (8.3) нарушится, т. е.

$$P_{нас} + \frac{m \cdot R \cdot T_{кип}}{M \cdot V} > P_{атм} .$$

(4)

Пузырьки стремительно раздуваются и лопаются. Это означает, что жидкость вскипела, и температуру $T_{кип}$ называют *температурой кипения*. Из неравенства (8.4) видно, что кипение происходит не при любой, а лишь при определённой температуре кипения.

Экспериментальная установка и метод измерения

Схема установки

Схема установки представлена на рис.3. Вода в колбе 1 нагревается электроплиткой 2 до температуры кипения. По трубке 3 пар поступает во внутренний стакан 4 калориметра 5. Внутренний стакан наполнен водой, температура которой измеряется термометром 6.

Описание метода измерения

В данной работе удельную теплоту парообразования воды при температуре её кипения

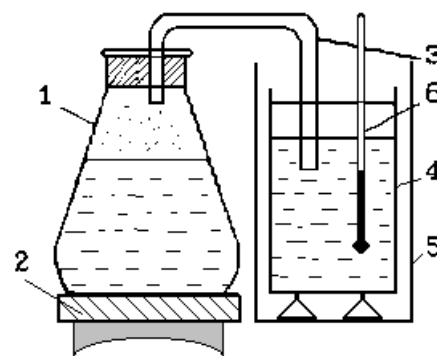


Рис. 3. Схема установки

определяют *калориметрическим методом*.

Суть метода состоит в следующем. В калориметр наливают воду. Первоначальная температура воды в калориметре, а также стаканов калориметра, равна комнатной (T). В колбе кипятят воду. Из колбы водяной пар попадает во внутренний стакан калориметра. Поскольку температура воды в калориметре ниже, чем пара

$$T < T_{\text{кип}},$$

то он конденсируется. При конденсации пар отдаёт воде и внутреннему стакану калориметра свою энергию, соответствующую теплоте конденсации q , (равной удельной теплоте парообразования) Затем образовавшийся *конденсат* охлаждается, также отдавая некоторое количество теплоты. Следовательно, вода в калориметре и внутренний его стакан нагреваются, получая энергии пара и конденсата. Устанавливается конечная температура Θ воды с конденсатом в калориметре:

$$T < \Theta < T_{\text{кип}}$$

Стакан с водой, конденсатом и паром *адиабатически теплоизолированы* от окружающей среды благодаря воздушной прослойке между внутренним и внешним стаканами калориметра. Поэтому можно применить *уравнение теплового баланса*: алгебраическая сумма количеств теплоты, передаваемых друг другу участвующими в теплообмене веществами, равна нулю

$$Q_c + Q_g + Q_n + Q_k = 0$$

(5)

где Q_c – количество теплоты, полученное стаканом калориметра

$$Q_c = c_c \cdot m_c \cdot (\Theta - T) > 0$$

($c_c = (8,96 \pm 0,01) \cdot 10^2$ Дж/(кг·К) – удельная теплоёмкость внутреннего стакана алюминиевого калориметра, m_c – масса этого стакана, взвешивается),

Q_g – количество теплоты, полученное водой в калориметре

$$Q_g = c_g \cdot (m_{cв} - m_c) \cdot (\Theta - T) > 0$$

($c_g = (4,20 \pm 0,01) \cdot 10^3$ Дж/(кг·К) – удельная теплоёмкость воды, $m_{cв}$ – масса стакана калориметра вместе с водой, взвешивается),

Q_n – количество теплоты, отданное водяным паром

$$Q_n = -q \cdot (m_{cвн} - m_{cв}) < 0$$

($m_{cвн}$ – масса стакана калориметра с водой и паром, взвешивается),

Q_k – количество теплоты, отданное конденсатом, который образовался при охлаждении пара в воде калориметра

$$Q_k = c_g \cdot (m_{cвн} - m_{cв}) \cdot (\Theta - T_{\text{кип}}) < 0.$$

При этом значение температуры кипения $T_{\text{кип}}$, зависящей от атмосферного давления, определяют по формуле:

$$T_{\text{кип}} = T_{\text{кип}}^{\text{н.у.}} - A \cdot (p_{\text{атм}}^{\text{н.у.}} - p_{\text{атм}}),$$

где $T_{кип}^{н.у.}$ – температура кипения при нормальных условиях (для воды в СИ равна $373,15\text{ K}$, или $100\text{ }^{\circ}\text{C}$), $p_{атм}^{н.у.}$ – нормальное атмосферное давление (в СИ $1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$, или 760 мм рт ст), A – размерный коэффициент пропорциональности между температурой кипения и атмосферным давлением (в СИ имеет значение $2,8 \cdot 10^{-4}\text{ K/Па}$).

Следовательно, уравнение теплового баланса (8.6) примет вид:

$$c_c \cdot m_c \cdot (\Theta - T) + c_g \cdot (m_{св} - m_c) \cdot (\Theta - T) - q \cdot (m_{свн} - m_{св}) + c_g \cdot (m_{свн} - m_{св}) \cdot (\Theta - T_{кип}^{н.у.} + A \cdot (p_{атм}^{н.у.} - p_{атм})) = 0$$

Из последнего равенства получим расчётную формулу для вычисления значения искомой величины q :

$$q = \frac{c_c \cdot m_c \cdot (\Theta - T) + c_g \cdot (m_{св} - m_c) \cdot (\Theta - T) + c_g \cdot (m_{свн} - m_{св}) \cdot (\Theta - T_{кип}^{н.у.} + A \cdot (p_{атм}^{н.у.} - p_{атм}))}{(m_{свн} - m_{св})}$$

(6)

Вопросы и порядок выполнения

Вопросы

1. Что называют фазой вещества? Приведите примеры.
2. Какие существуют фазовые переходы? Приведите примеры фазовых переходов: первого рода, второго рода.
3. Каков механизм испарения жидкости с её свободной поверхности?
4. Как происходит кипение жидкости?
5. Чем отличается процесс поверхностного испарения жидкости от процесса её кипения?
6. При каком условии начинается процесс кипения?
7. Что такое температура кипения, от чего она зависит?
8. Что называют скрытой теплотой фазового перехода?
9. Почему скрытая теплота парообразования зависит от температуры? Каково табличное значение q для воды при $T_{кип}$?
10. В чём состоит калорический метод определения скрытой теплоты парообразования?
11. Что понимают под уравнением теплового баланса? Объясните смысл входящих в него физических величин?
12. Выведите расчётную формулу для удельной теплоты парообразования при температуре кипения воды.
13. Опишите устройство калориметра.
14. Какие приборы используются в данной работе?
15. Каковы пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора и правила работы с термометром?
16. Каковы пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора и правила работы с барометром?
17. Каковы пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора и правила работы с цифровыми весами?
18. Какие измерения называют прямыми, косвенными? К каким из них относятся величины, входящие в расчётную формулу (5)?

19. Запишите формулы для вычисления: среднего значения, случайной погрешности, систематической погрешности, абсолютной погрешности, относительной погрешности.
20. Как следует округлять результат вычисления погрешности?
21. Как округлить результат вычисления среднего значения искомой физвеличины?
22. Что такое: доверительный интервал, надёжность измерений?
23. Каков процент погрешности допустим при выполнении измерений в лабораторной работе?
24. В каком виде необходимо предъявить запись результата косвенного измерения?

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Подготовьте шаблон письменного отчёта, выделив в нём разделы:

- номер группы, Ф.И.О. (студента), дату выполнения,
- название лабораторной работы,
- цели,
- приборы и принадлежности,
- схема установки,
- основные формулы,
- результаты измерений и их обработки,
- выводы.

В разделе «Приборы и принадлежности» подготовьте таблицу для записи характеристик приборов по форме:

Название прибора	Класс точности, k	Пределы измерений		Цена деления шкалы, C	Погрешность прибора, $\delta_{пр}$
		от x_{min}	до x_{max}		

В разделе «Основные формулы» запишите расчётную формулу, формулы, выражающие законы физики, необходимые в данной лабораторной работе, а также формулы для вычисления погрешностей измерений.

В разделе «Результаты измерений и их обработки» подготовьте таблицу для записи прямых и косвенных измерений, а также их погрешностей по форме:

$c_c = \dots \pm \dots (ед.); c_\theta = \dots \pm \dots (ед); T_{кин}^{н.у.} = \dots \pm \dots (ед); p_{атм}^{н.у.} = \dots \pm \dots (ед); A = \dots \pm \dots (ед)$							
N	$m_c, ед.$	$m_{св}, ед.$	$m_{свн}, ед.$	$T, ед.$	$\theta, ед.$	$p_{атм}, Па$	$q, ед.$
1.							
2.							
3.							
\bar{x}	 	 	 	 	 	 	
σ	 	 	 	 	 	 	
δ							
Δ	 	 	 	 	 	 	
ε	 	 	 	 	 	 	

2. Измерьте атмосферное давление и запишите (со значащими цифрами).
3. Взвесьте внутренний стакан калориметра и запишите (с учётом значащих цифр).
4. Налейте воду во внутренний стакан калориметра примерно на 1 см ниже краёв стакана, взвесьте и запишите её температуру (с учётом значащих цифр).
5. Заполните колбу водой (до метки), включите электроплитку в сеть и доведите воду до кипения. Под трубку подставьте дополнительный сосуд для сбора капель воды, образующихся во время интенсивного кипения воды.
6. Подготовьте формулы для вычисления погрешностей.
7. Убедившись, что паропроводящая система достаточно прогрета паром и из трубки выходит пар (без капель), подставьте под трубку калориметр с водой.

Внимание! Трубка должна быть погружена таким образом, чтобы она не касалась дна и стенок внутреннего стакана калориметра.

8. Удерживая термометр в стакане с водой и наблюдая за его показаниями, измерьте температуру, когда она повысится на $15 \div 20$ °С. Затем трубку отведите к дополнительному сосуду, а показания термометра запишите.
9. Выньте термометр из калориметра, осторожно стряхивая капельки воды. Взвесьте внутренний стакан калориметра с водой и конденсатом, массу запишите.
10. Смените воду в стакане калориметра и дважды повторите опыт (см. п.п.2 ÷ 9).
9. По расчётной формуле вычислите значения величины q (косвенного измерения) для каждого опыта.
10. Вычислите среднее значение q и запишите.
11. Вычислите случайную погрешность величины q , округлите и запишите.
12. Вычислите систематические погрешности всех прямых измерений, округлите и запишите.
13. Вычислите систематическую погрешность величины q по формуле

$$\delta q \approx \frac{c_B m_B (\theta - T)}{m_{\Pi}} \sqrt{\varepsilon_T^2 + \varepsilon_n^2},$$

где ε_T и ε_n – относительные систематические погрешности измерения разности температур ($\theta - T$) и массы пара. Погрешность округлите и запишите.

14. Вычислите абсолютную погрешность величины q , округлите и запишите.
15. Округлите среднее значение величины q и запишите.
15. Вычислите относительную погрешность величины q , округлите, убедитесь, что она не превышает 10 % и запишите.
10. Запишите в разделе «Выводы» окончательный результат. Сравните его со справочным значением, проанализируйте причины расхождений (если они есть). Сформулируйте выводы.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов направлена на более глубокое и систематическое усвоение курса. Самостоятельная работа включает в себя:

1. Изучение и конспектирование некоторых вопросов курса.
2. Подготовку к лабораторным работам (перечень вопросов для подготовки студентов к лабораторным занятиям приводится в методических указаниях, представленных в приложении).
3. Написание реферата.
4. Подготовку к зачетам по отдельным разделам курса (см. п. 8 Контроль над освоением студентом дисциплины).
5. Подготовку к итоговой контрольной работе (см. п. 8 Контроль над освоением студентом дисциплины).

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение и конспектирование

1. Силы в механике: сила тяжести, сила упругости, сила трения

В конспекте необходимо для каждой силы дать определение; указать природу силы; записать формулу для нахождения силы в конкретных ситуациях; определить направление силы в конкретных ситуациях и сделать соответствующие рисунки; на конкретных примерах пояснить значение данной силы в природе, жизни человека и технике.

2. Свободные колебания пружинного и физического маятников

В конспекте необходимо для каждого маятника дать определение; сделать рисунок данного маятника; на рисунке обозначить силы, действующие на маятник и пояснить, почему данная система способна совершать свободные колебания; вывести уравнение колебательного движения маятника; записать решение данного уравнения и показать, что колебания маятника являются гармоническими; записать формулу для циклической частоты и периода колебаний маятника и сделать вывод, от каких величин зависит период колебаний маятника, а от каких – не зависит.

3. Способы измерения температуры

В конспекте необходимо описать три температурные шкалы: шкала Цельсия, шкала Кельвина, шкала Фаренгейта. Для каждой шкалы описать принципы ее построения, указать реперные точки, единицы измерения температуры, а также правила перевода температуры из единиц одной шкалы в единицы двух других шкал.

Также необходимо описать различные методы измерения температуры и устройство соответствующих измерительных приборов: жидкостные, механические, электрические, оптические и др. термометры (выбрать любые три вида термометров).

4. Фазовые переходы первого рода (парообразование, конденсация, плавление и кристаллизация)

В конспекте необходимо для каждого фазового перехода дать определение; описать процесс фазового перехода с точки зрения молекулярно-кинетической теории; описать условия, при которых происходит фазовый переход; записать формулу для определения количества теплоты, выделяющегося или поглощающегося при фазовом переходе; на конкретных примерах пояснить значение данного фазового перехода в природе, жизни человека и технике.

5. Влажность воздуха

В конспекте необходимо дать определения абсолютной и относительной влажности воздуха; точки росы; описать устройство и принцип действия психрометра, волосного и конденсационного гигрометров; на конкретных примерах пояснить роль влажности воздуха в природе, жизни человека и технике.

6. Правила последовательного и параллельного соединения проводников

В конспекте необходимо дать определение последовательного и параллельного соединения проводников, сделав поясняющие рисунки; записать формулы,

отражающие правила последовательного и параллельного соединения проводников; привести вывод каждой из записанных формул.

7. Электрический ток в электролитах

В конспекте необходимо дать определение электролита; определить носители тока в электролитах; дать развернутое пояснение, откуда в электролите появляются носители тока (явление электролитической диссоциации); дать определение и подробно описать процесс электролиза, сделав поясняющий рисунок; сформулировать законы электролиза Фарадея; перечислить области применения электролиза.

8. Электрический ток в газах

В конспекте необходимо отразить при каких условиях газы проводят электрический ток; дать определение несамостоятельного газового разряда; кратко описать условия и процесс протекания несамостоятельного газового разряда; дать определение самостоятельного газового разряда; определить условия протекания в газе самостоятельного газового разряда; перечислить виды самостоятельных газовых разрядов; на конкретных примерах пояснить, где газовые разряды встречаются в природе и применяются в жизни человека и технике.

9. Шкала электромагнитных волн

В конспекте необходимо определить основные виды электромагнитных волн и их частотные интервалы; сделать поясняющий рисунок; для каждого вида электромагнитных волн обозначить область применения.

10. Линзы. Построение изображения в тонких линзах

В конспекте необходимо дать следующие определения: линза, тонкая линза, собирающая линза, рассеивающая линза, главная оптическая ось, оптический центр, фокус, фокусное расстояние, оптическая сила линзы; записать формулу тонкой линзы и пояснить смысл величин, в нее входящих; определить правила построения изображения в тонких линзах; привести 3 примера построения изображения в тонкой собирающей линзе и 2 примера построения изображения в тонкой рассеивающей линзе.

11. Оптические приборы (лупа, микроскоп, зрительная труба)

В конспекте для каждого оптического прибора определить область применения; зарисовать схему, поясняющую устройство прибора; кратко пояснить, как получается изображение предмета при помощи данного оптического прибора и каковы характеристики этого изображения.

12. Ядерные реакции и термоядерный синтез

В конспекте необходимо определить основные виды ядерных реакции и привести конкретные примеры; записать ядерную реакцию, которая применяется в ядерных реакторах; кратко описать устройство ядерного реактора; описать условия, необходимые для протекания реакции термоядерного синтеза; привести пример реакции термоядерного синтеза; провести сравнительный анализ ядерной энергетики и энергетики, основанной на реакциях термоядерного синтеза (критерии сравнения продумать самостоятельно).

Конспекты, составленные студентами по перечисленным вопросам, проверяются преподавателем во время зачета по каждому разделу курса.

Темы рефератов

1. Физические процессы в атмосфере Земли.
2. Физические процессы в Мировом океане.
3. Законы физики в живых организмах.
4. Колебательные процессы в природе.
5. Физика низких температур. Влияние низких температур на живые организмы и неживую материю.
6. Физика и прогноз погоды.
7. Звук и его восприятие различными живыми организмами.
8. Жидкие кристаллы и их роль в современном мире.
9. Законы электродинамики и нервная система человека.
10. Зрение человека и животных.

11. Оптические явления в атмосфере Земли.
12. Цвет в природе. Восприятие цвета человеком и животными.
13. Спектры. Спектральный анализ и его применение.
14. Рентгеновские лучи и их применение.
15. Химическое действие света. Фотография.
16. Ядерная энергетика и ее влияние на экологию.
17. Термоядерный синтез: современное состояние проблемы и перспективы развития.
18. Биологическое действие радиоактивных излучений.
19. Получение радиоактивных изотопов и их применение.
20. Роль физики в современной медицине.
21. Роль физики в современном сельском хозяйстве.

Методические рекомендации студентам по написанию и оформлению реферата

Реферат должен быть оформлен в текстовом редакторе MS WORD, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5. Объем работы 15-20 страниц.

Реферат должен включать титульный лист, с указанием автора и темы, содержание, введение, основную часть, заключение и список литературы.

Во введении студент обозначает актуальность темы, обосновывает выбор темы, определяет цель своего исследования.

В основной части работы студент раскрывает содержание темы с точки зрения, как классических, так и современных, признанных научной общественностью теории, приводит примеры проявления рассматриваемых физических явлений и процессов в живой и неживой природе, а также высказывает собственное мнение по рассматриваемой проблеме.

В заключении студент подводит итог исследования, аргументировано обосновывает достижение цели исследования.

Список литературы включает те источники информации, которыми автор пользовался при написании работы (5-7 источников). В качестве источников информации не должны выступать только учебники и учебные пособия, автор должен использовать при написании реферата также научные статьи и/или монографии. Допускается использование Internet-ресурсов, однако, их не должно быть больше 30% от всех источников.

Студент сдает реферат преподавателю не позднее, чем за 1 месяц до зачета. Преподаватель оценивает реферат на соответствие представленным выше требованиям и выставляет отметку «зачтено» (если реферат соответствует требованиям) или «незачтено» (если реферат требованиям не соответствует).

6. Фонд оценочных средств

Компетенция	Этапы формирования (семестр)	Дисциплины, практики, НИР, ГИА	Критерии	Показатели (по уровням)
<p>владением базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии и биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в экологии и природопользования; методами химического анализа, знаниями о современных динамических процессах в природе и техносфере, о состоянии геосфер Земли, экологии и эволюции биосферы, глобальных экологических проблемах, методами отбора и анализа геологических и биологических проб, а также навыками идентификации и описания биологического разнообразия, его оценки современными методами количественной обработки информации (ОПК-2)</p>	1 семестр	Б1.Б.9 Физика	Знаниевый (знать)	<p>Зачтено: <i>знает</i> основные закономерности физики, хорошо владеет современными методами исследования, понимает прикладную направленность курса физики.</p> <p>Не зачтено: <i>не знает</i> основные законы физики и принципы работы приборов для физических измерений.</p>
			Деятельностный (уметь, владеть)	<p>Зачтено: <i>умеет</i> исчерпывающе, грамотно и логически стройно излагать материал, четко формулирует основные понятия, приводит соответствующие примеры, выявляет межпредметные связи с другими учебными дисциплинами; способен к самостоятельному пополнению и обновлению знаний; умеет применять теоретические знания к решению практических задач; демонстрирует уверенные навыки работы с измерительными приборами и инструментами.</p> <p>Не зачтено: <i>не умеет</i> применять полученные знания об окружающем мире при изучении других дисциплин; <i>не владеет</i> навыками проведения лабораторных исследований, обработки и анализа их результатов</p>

Оценочные средства (примеры)

1) Требования к написанию реферата

Реферат (от латинского «*referre*» – докладывать, сообщать) – небольшая письменная работа, посвященная определенной теме, обзору источников по какому-то направлению. Обычно целью реферата является – сбор и систематизация знаний по конкретной теме или проблеме.

Структурными элементами реферата являются:

1) титульный лист;

Титульный лист является первой страницей реферата, служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа.

На титульном листе приводят следующие сведения:

наименование ВУЗа; наименование факультета; наименование кафедры; тема реферата; фамилия и инициалы студента (слушателя); должность, ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя реферата; место и дата составления реферата

2) оглавление;

Оглавление включает введение, наименование всех глав, разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование) и заключение с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы реферата.

3) введение;

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой проблемы. Во введении должны быть показаны актуальность темы, цели и задачи, которые будут рассматриваться в реферате, а также методы, которыми воспользовался студент для рассмотрения данной темы работы.

4) основная часть;

Основную часть реферата следует делить на главы или разделы (не менее 2-х). Разделы основной части могут делиться на пункты и подразделы. Пункты, при необходимости, могут делиться на подпункты. Каждый пункт должен содержать законченную информацию.

5) заключение;

Должно содержать краткое обобщение и выводы по результатам выполненной работы

6) список использованных источников;

Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1. - 2003

7) приложения.

В приложения рекомендуется включать материалы, связанные с выполненной работой, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть.

В приложения могут быть включены:

- 1) материалы, дополняющие реферат;
- 2) таблицы вспомогательных цифровых данных;
- 3) иллюстрации вспомогательного характера;
- 4) другие документы.

Правила оформления реферата

Реферат должен быть выполнен машинописным способом на одной стороне листа белой бумаги через полтора интервала и 14 шрифтом .

Текст реферата следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое - не менее 30 мм, правое - не менее 10 мм, верхнее - не менее 15 мм, нижнее - не менее 20 мм.

Объем реферата: не более 20 страниц.

Все линии, буквы, цифры и знаки должны быть одинаково черными по всему реферату.

Заголовки структурных элементов реферата и разделов основной части следует располагать в середине строки без точки в конце и печатать прописными буквами, не подчеркивая.

Страницы реферата следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляют посередине листа в нижнем поле без точки в конце.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц реферата. Номера страниц на титульном листе и в оглавлении не проставляют.

Ссылки на источники следует указывать порядковым номером по списку источников, выделенным двумя косыми чертами. Оформление ссылок - по ГОСТ 7.1.-2003.

Критерии и показатели, используемые при оценивании реферата

Критерии	Показатели
1. Новизна реферированного текста Макс. - 5 баллов	- актуальность проблемы и темы; - новизна и самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы; - наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.
2. Степень раскрытия сущности проблемы Макс. - 5 баллов	- соответствие плана теме реферата; - соответствие содержания теме и плану реферата; - владение понятийным аппаратом; - полнота и глубина раскрытия основных понятий проблемы; - обоснованность способов и методов работы с материалом; - умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал;
3. Обоснованность выбора источников Макс. - 5 баллов	- круг, полнота использования литературных источников по проблеме; - привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).
4. Выводы по изложенной информации с указанием практической значимости работы Макс. – 5 баллов	- умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы.
4. Соблюдение требований к оформлению Макс. – 5 баллов	- правильное оформление ссылок на используемую литературу; - соблюдение требований к объему реферата; - культура оформления: выделение абзацев.
5. Грамотность Макс. - 5 баллов	- грамотность и культура изложения; - отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей; - отсутствие опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых; - литературный стиль.
6. Приложения – фотографии, схемы, чертежи, карты, статистические данные, диаграммы) Макс. – 5 баллов	- наличие материалов содержательно иллюстрирующих и дополняющих текст реферата; - приложения оформлены в соответствии с требованиями

Оценивание реферата

Реферат оценивается по балльной шкале, баллы переводятся в оценки успеваемости следующим образом:

- 25 и более баллов – «отлично»;
- 19 – 24 баллов – «хорошо»;
- 15 – 18 баллов – «удовлетворительно»;
- менее 15 баллов – «неудовлетворительно».

Баллы учитываются в процессе текущей оценки знаний программного материала.

2) Перечень вопросов для подготовки к проверочной работе

Основы механики

- Механическое движение. Модели материальной точки и абсолютно твердого тела. Поступательное и вращательное движение.
- Скорость. Ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение материальной точки.
- Угловая скорость. Угловое ускорение. Вращательное движение абсолютно твердого тела.
- Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Первый, второй и третий законы Ньютона.
- Силы в механике: сила тяжести, сила упругости, сила трения.
- Импульс материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения и закон изменения импульса.
- Работа силы. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения и закон изменения механической энергии.
- Момент силы относительно точки и относительно оси. Момент инерции. Основное уравнение динамики вращательного движения.
- Механические колебания. Амплитуда, период, частота, циклическая частота, фаза. Гармонические колебания.
- Маятники. Свободные колебания математического маятника.
- Механические волны. Виды механических волн и их свойства. Длина волны. Скорость распространения волн.

Основы молекулярной физики и термодинамики

- Основные положения молекулярно-кинетической теории и их подтверждения. Модель идеального газа.
- Давление газа на стенки сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
- Температура. Способы измерения температуры. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
- Уравнение состояния идеального газа. Изотермический, изохорный и изобарный процессы.
- Внутренняя энергия идеального газа. Способы изменения внутренней энергии. Первое начало термодинамики.
- Адиабатный процесс. Теплоемкость газа.
- Энтропия. Второе и третье начала термодинамики.
- Основы работы тепловых двигателей. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия теплового двигателя.
- Понятие фазы и фазового перехода. Фазовые переходы первого рода.
- Понятие насыщенного и ненасыщенного пара. Равновесие насыщенного пара и жидкости. Влажность воздуха.

Основы электродинамики

- Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
- Электрическое поле. Напряженность и потенциал электрического поля.
- Постоянный электрический ток. Сила тока, напряжение, ЭДС, сопротивление проводника. Закон Ома. Закон Джоуля-Ленца.
- Магнитное поле. Индукция магнитного поля.

- Проводник с током в магнитном поле. Сила Ампера.
- Движущаяся заряженная частица в магнитном поле. Сила Лоренца.
- Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца.
- Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания.
- Переменный электрический ток. Закона Ома для последовательной цепи переменного тока.
- Электромагнитные волны. Поперечность, скорость распространения, энергия электромагнитной волны.

Основы оптики

- Световой луч. Законы геометрической оптики.
- Линзы. Построение изображения в тонких линзах.
- Когерентность световых волн. Явление интерференции.
- Дифракция световых волн.
- Тепловое излучение. Закономерности теплового излучения: закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина.
- Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Планка.
- Фотоэффект. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.

Элементы физики атома и атомного ядра

- Модель атома Резерфорда. Постулаты Бора.
- Корпускулярно-волновые свойства частиц вещества. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция.
- Состав и основные характеристики атомного ядра. Изотопы.
- Ядерные силы. Дефект массы. Энергия связи и устойчивость ядер.
- Явление радиоактивности. Виды радиоактивного распада.
- Закон радиоактивного распада. Период полураспада.
- Ядерные реакции и их применение. Реакции термоядерного синтеза.

2) Проверка преподавателем конспекта вопросов, выносимых в данном разделе на самостоятельное изучение (см. Самостоятельная работа студента).

3) Проверка преподавателем отчетов по выполненным лабораторным работам (по каждому разделу, за исключением раздела Элементы атомной и ядерной физики, студент должен выполнить не менее 2 лабораторных работ, по разделу Элементы атомной и ядерной физики студент должен выполнить 1 лабораторную работу).

4) Защита выполненных лабораторных работ (вопросы к защите приводятся в методических указаниях, представленных в приложении).

Зачет по данному разделу студент получает только при выполнении всех пунктов указанных требований.

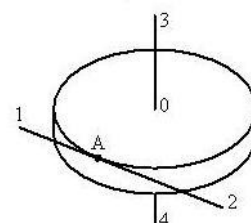
3) Итоговая контрольная работа по курсу физики проводится в форме теста на последнем лабораторном занятии. Тест оценивается по двухбалльной системе: «зачтено» – «не зачтено». Отметка «зачтено» выставляется в случае, если студент правильно ответил более чем на 50% вопросов теста.

Примеры тестовых заданий

Основы механики

№ 1. Если \vec{a}_τ и \vec{a}_n – тангенциальная и нормальная составляющая ускорения, то соотношения $a_\tau = 0$, $a_n = 0$ справедливы для:

1. равномерного движения по окружности
2. прямолинейного равномерного движения
3. прямолинейного равноускоренного движения
4. равномерного криволинейного движения

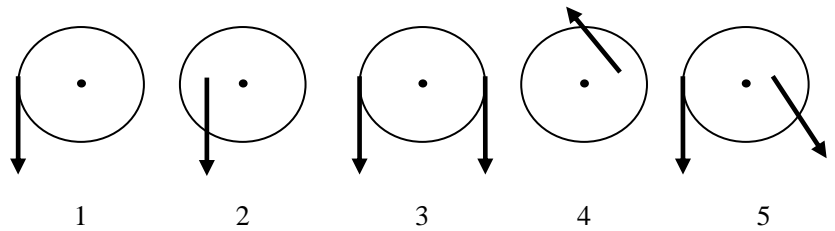


№ 2. Диск радиуса R вращается вокруг вертикальной оси равноускоренно по часовой стрелке. Укажите направление вектора углового ускорения

- 1 2 3 4

№ 3. В каком из представленных на рисунках случаев суммарный момент всех сил, приложенных к телу, будет максимальным:

- 1 2 3 4 5



№ 4. Тело массой 1 кг разгоняется под действием постоянной силы из состояния покоя до скорости 4 м/с. При этом сила совершает работу:

1. 8 Дж 2. 16 Дж 3. 2 Дж 4. 4 Дж

№ 5. Уравнение движения пружинного маятника $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = 0$

является дифференциальным уравнением:

1. свободных затухающих колебаний
2. свободных незатухающих колебаний
3. вынужденных колебаний.

№ 6. Для продольной волны справедливо утверждение:

1. частицы среды колеблются в направлении распространения волны
2. возникновение волны связано с деформацией сдвига
3. частицы среды колеблются в направлениях, перпендикулярных направлению распространения волны.

Основы молекулярной физики и термодинамики

№ 1. Состояние идеального газа определяется значениями параметров: T , P и V , где T – термодинамическая температура, P – давление, V – объем газа. Определенное количество газа перевели из состояния (P_0, V_0) в состояние $(2P_0, V_0)$. При этом его внутренняя энергия

1. не изменилась 2. уменьшилась 3. увеличилась

№ 2. Если ΔU – изменение внутренней энергии идеального газа, A – работа газа, Q – количество теплоты, переданное газу, то для адиабатного расширения газа справедливы соотношения:

1. $Q > 0, A > 0, \Delta U = 0$ 2. $Q = 0, A > 0, \Delta U < 0$
3. $Q < 0, A < 0, \Delta U = 0$ 4. $Q = 0, A < 0, \Delta U > 0$

№ 3. Средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа при температуре T равна $E = \frac{i}{2}kT$. Здесь $i = n_n + n_{вр} + 2n_k$, где n_n , $n_{вр}$ и n_k – число степеней свободы поступательного, вращательного и колебательного движения молекулы. Для гелия (He) число i равно

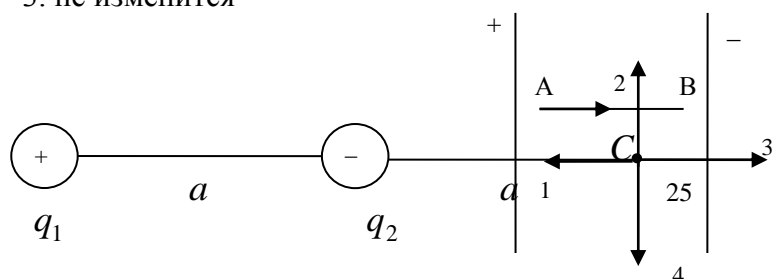
1. 3 2. 1 3. 5 4. 7

№ 4. Тепловая машина работает по циклу Карно. Если температуру нагревателя увеличить, то КПД цикла

1. увеличится 2. уменьшится 3. не изменится

Основы электродинамики

№ 1. Электростатическое поле создано двумя одинаковыми по



величине точечными зарядами q_1 и q_2 . Если $q_1 = +q$, $q_2 = -q$, а расстояние между зарядами и от заряда q_2 до точки C равно a , то вектор напряженности поля в точке C ориентирован в направлении

1. 2. 3. 4.

№ 2. В электрическом поле плоского конденсатора перемещается заряд $+q$ в направлении, указанном стрелкой. Тогда работа сил поля на участке AB

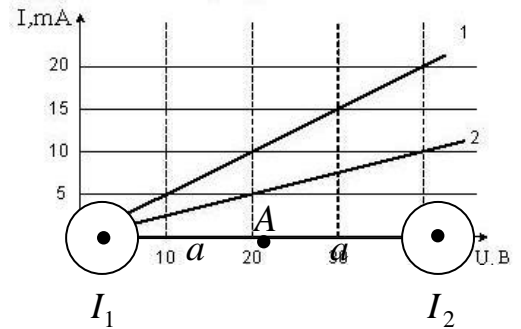
1. положительна 2. отрицательна 3. равна нулю

№ 3. Вольт-амперная характеристика двух элементов цепи представлена на рисунке. На элементе 1 при силе тока 15 мА выделяется мощность

1. 0,30 Вт 2. 15 Вт 3. 450 Вт 4. 0,45 Вт

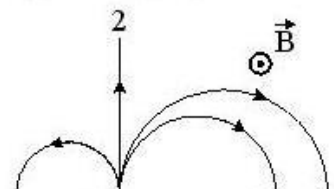
№ 4. Магнитное поле создано двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Если $I_1 = 2I_2$, то вектор \vec{B} индукции результирующего поля в точке A направлен

1. вниз 2. влево 3. вправо 4. вверх



№ 5. На рисунке показаны траектории заряженных частиц, имеющих одинаковую скорость и влетающих в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости чертежа. При этом для частицы 1

1. $q > 0$ 2. $q < 0$ 3. $q = 0$

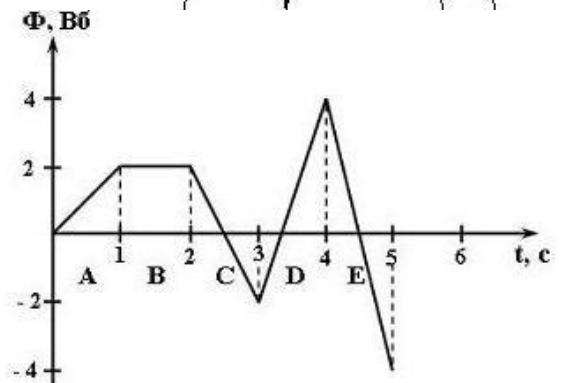


№ 6. На рисунке представлена зависимость магнитного потока, пронизывающего некоторый замкнутый контур, от времени. ЭДС индукции не возникает в контуре на интервале:

1. A 2. B 3. C 4. D 5. E

№ 7. В колебательном LC-контуре максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 50 Дж, максимальное значение энергии магнитного поля соленоида равно 50 Дж. Полная энергия электромагнитного поля контура

1. не изменяется и равна 100 Дж 2. изменяется в пределах от 50 до 100 Дж
3. изменяется в пределах от 0 до 100 Дж 4. не изменяется и равна 50 Дж



№ 8. Электромагнитные волны являются волнами

1. продольными 2. поперечными
3. в зависимости от среды распространения могут быть как продольными, так и поперечными.

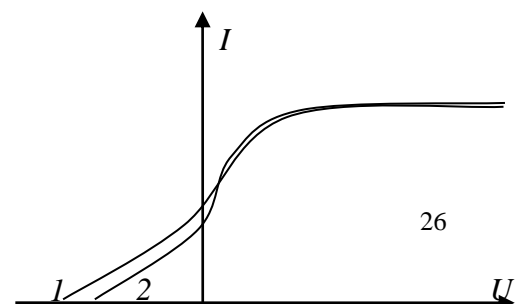
Основы оптики

№ 1. При прохождении белого света через трехгранную призму, наблюдается его разложение в спектр. Это явление объясняется

1. дисперсией света 2. поляризацией света
3. дифракцией света 4. интерференцией света

№ 2. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. Синяя линия гелия ($\lambda = 450 \text{ нм}$) в спектре третьего порядка накладывается на линию в спектре второго порядка с длиной волны

1. 500 нм 2. 300 нм 3. 675 нм 4. 760 нм

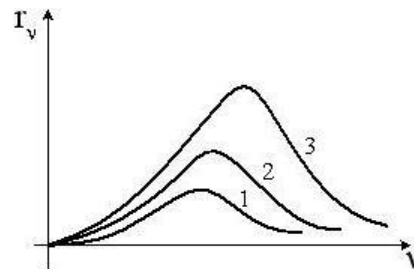


№ 3. На рисунке представлены две вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента. Если E – освещенность фотокатода, а ν – частота падающего на него света, то для кривых 1 и 2 справедливы следующие утверждения:

1. $\nu_1 < \nu_2, E_1 = E_2$
2. $\nu_1 = \nu_2, E_1 < E_2$
3. $\nu_1 > \nu_2, E_1 = E_2$
4. $\nu_1 = \nu_2, E_1 > E_2$

№ 4. На рисунке представлены графики зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела при различных температурах. Наибольшей температуре соответствует график

- 1
- 2
- 3



Элементы атомной и ядерной физики

№ 1. Де Бройль обобщил соотношение $p = \frac{h}{\lambda}$ для фотона на любые волновые процессы, связанные с частицами, импульс которых равен p . Тогда, если скорость частиц одинакова, то наименьшей длиной волны обладают

1. протоны
2. нейтроны
3. электроны
4. α - частицы

№ 2. Какая доля радиоактивных атомов распадется через интервал времени, равный двум периодам полураспада

1. Все атомы распадутся
2. 90%
3. 75%
4. 50 %
5. 25 %

№ 3. α – излучение представляет собой поток

1. квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбужденного состояния в основное
2. протонов
3. ядер атомов гелия
4. электронов

№ 4. Неизвестный радиоактивный химический элемент самопроизвольно распадается по схеме: $X \rightarrow {}_{36}^{91}Kr + {}_{56}^{142}Ba + 3n$. Ядро этого элемента содержит

1. 94 протона и 144 нейтрона
2. 94 протона и 142 нейтрона
3. 92 протона и 142 нейтрона
4. 92 протона и 144 нейтрона

Промежуточный контроль осуществляется в форме зачета.

Требования к зачету

Для получения зачета студент должен:

1. Выполнить и защитить 8 лабораторных работ по всем разделам курса (2 механика, 2 – молекулярная физика, 2 – электродинамика и 2 оптика)
2. Сдать текущие зачеты по основным разделам курса: Основы механики, Основы молекулярной физики и термодинамики, Основы электродинамики, Основы оптики, Элементы атомной и ядерной физики.
3. Написать итоговую контрольную работу на отметку «зачтено».
4. Написать реферат по одной из предложенных тем и получить по реферату отметку «зачтено».
5. Зачет выставляется студенту при выполнении всех пунктов Требований.

Критерии оценивания итоговой контрольной работы

1. Нормы оценивания ответа теста

N n/n	Структурная часть контрольной работы	Количество баллов
	Тест 1. Основы механики	

1	№ 1	1 балл
2	№ 2	1 балл
3	№ 3	1 балл
4	№ 4	1 балл
5	№ 5	1 балл
6	№ 6	1 балл
Тест 2. Основы молекулярной физики и термодинамики		
7	№ 1	1 балл
8	№ 2	1 балл
9	№ 3	1 балл
10	№ 4	1 балл
Тест 3. Основы электродинамики		
11	№ 1	1 балл
12	№ 2	1 балл
13	№ 3	1 балл
14	№ 4	1 балл
15	№ 5	1 балл
16	№ 6	1 балл
17	№ 7	1 балл
18	№ 8	1 балл
Тест 4. Основы оптики		
19	№ 1	1 балл
20	№ 2	1 балл
21	№ 3	1 балл
22	№ 4	1 балл
Тест 5. Элементы атомной и ядерной физики		
23	№ 1	1 балл
24	№ 2	1 балл
25	№ 3	1 балл
26	№ 4	1 балл

2. Шкала оценивания теста

№ теста	Оценка теста	Количество баллов
1	зачтено	5 – 6
	незачтено	0 – 4
2	зачтено	4
	незачтено	1 – 3
3	зачтено	6 – 8
	незачтено	0 – 5
4	зачтено	4
	незачтено	1 – 3
5	зачтено	4
	незачтено	1 – 3

3. Шкала оценивания итоговой контрольной работы

<i>Оценка итоговой контрольной работы</i>	<i>Количество тестов, оценённых «зачтено»</i>
зачтено	4 – 5
незачтено	0 – 3

Критерии оценивания лабораторной работы

1. Нормы оценивания лабораторной работы

<i>Структурная часть контрольной работы</i>	<i>Оценка</i>
Проведение эксперимента, получение результатов прямых и косвенных измерений	1 балл
Оформлен письменный отчет к лабораторной работе	1 балл
Выполнен расчёт погрешностей результатов измерений	1 балл
Даны ответы на контрольные вопросы (не менее 70 %)	1 балл

2. Шкала оценивания лабораторной работы

<i>№ n/n</i>	<i>Оценка</i>	<i>Количество баллов</i>
1	защищена	4 балла
2	незащищена	0 – 3 балла

3. Шкала оценивания общего объёма выполненных лабораторных работ

<i>Оценка общего объёма лабораторных работ</i>	<i>Количество лабораторных работ, оценённых «зачтено»</i>
зачтено	7 – 8
незачтено	0 – 6

Критерии оценивания проверочных работ (для выставления зачета по дисциплине)

<i>№ n/n</i>	<i>Оценка работ</i>	<i>Количество законспектированных ответов на вопросы для самостоятельного изучения</i>	<i>Количество выполненных рефератов</i>	<i>Оценка общего объёма лабораторных работ</i>	<i>Результат оценивания итоговой контрольной работы</i>
1	зачтено	11 – 12	1	зачтено	зачтено
2	незачтено	0 – 10	0	незачтено	незачтено

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Список основной литературы

Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Кравченко. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 300 с. — (Серия : Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-01027-5.

Список дополнительной литературы

1. Антонов В.Ф. Физика и биофизика: курс лекций для студентов медицинских вузов / В.Ф. Антонов, А.В. Коржуев. – М.: ГЭОТАР-медиа, 2010.
2. Валишев М.Г. Курс общей физики / М.Г. Валишев, А.А. Повзнер. – СПб.: Лань, 2009.
3. Курс физики. Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направлениям естественнонаучное образование (в 3-х книгах) / под ред. Г.А. Бордовского. – М.: Высшая школа, 2004.
4. Макаров Е.Ф. Физика для химико-технологических специальностей. – М.: Научный мир, 2002.
5. Никеров В.А. Физика для вузов: механика и молекулярная физика. – М.: Дашков и Ко, 2010.
6. Прикладная оптика / под ред. Н.П. Закашова. – СПб.: Лань, 2007.
7. Пронин В.П. Практикум по физике для студентов сельскохозяйственных вузов / В.П. Пронин. – СПб.: Лань, 2007.
8. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? – М.: РИМИС, 2009.
9. Элементарный учебник физики (учебное пособие в 3-х томах) / под ред. Г.С. Ландсберга – М.: Физматлит, 2004.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронные библиотеки

1. Электронная библиотека социологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова: <http://www.lib.socio.msu.ru/>
2. Российская Государственная Библиотека: <http://www.rsl.ru/>
3. Научная электронная библиотека: <http://txt.elibrary.ru/>
4. Научная библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова: <http://www.lib.msu.ru/index.html>
5. Открытая русская электронная библиотека: <http://orel.rsl.ru/index.shtml>
6. Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета: <http://www.lib.spb.ru/>
7. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>
8. Университетская информационная система «Россия»: <http://uisrussia.msu.ru>

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Царева Е.А. Методические указания к лабораторным занятиям по физике для студентов естественно-географического факультета. Введение. – Смоленск, СмолГУ, 2007.
2. Методические рекомендации к лабораторным работам (см. приложение).

8. Перечень информационных технологий

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

9. Материально-техническая база

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине в университете имеется следующая необходимая инструментальная база:

- ноутбук ASUS;
- проектор BenQ;
- экран настенный Screen (ауд.65)

- реактивное движение (сегнерово колесо);
- превращение энергии (маятник Максвелла);
- основной закон вращательного движения (скамья Жуковского);
- диффузия (стеклянный цилиндр, стеклянная пластина с наклеенными бумажными полосками, смоченными фенолфталеином, нашатырный спирт, вата);
- работа газа (насос Комовского, бутылка с пробкой);
- зарядка и разрядка конденсатора (конденсатор, источник тока, соединительные провода, лампочка);
- источники тока (электрофорная машина, гальванометр, термоэлемент, спиртовка, фотоэлемент, аккумулятор, батарейка);
- опыт Эрстеда – действие магнитного поля на проводник с током (источник постоянного тока, ключ, соединительные провода, магнитная стрелка);
- взаимодействие проводников с током (самодельный прибор из двух станиолевых лент, источник тока, соединительные провода, ключ);
- магнитные линии (постоянный магнит, железные опилки);
- действие магнитного поля на рамку с током (подвижная проволочная рамка, источник тока, ключ, соединительные провода, дуговой магнит);
- явление электромагнитной индукции (гальванометр, дроссельная катушка, магнит, соединительные провода) (ауд. 333)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 6314D932A1EC8352F4BBFDEFD0AA3F30

Владелец: Артеменков Михаил Николаевич

Действителен: с 21.09.2022 до 15.12.2023