

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
общей физики



\_\_\_\_\_/Клинских А. Ф./  
02.07.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.12.02 Молекулярная физика и основы статистической термодинамики

**1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:**

14.03.02 Ядерные физика и технологии

**2. Профиль подготовки / специализация / магистерская программа:**

Для профилей: Физика атомного ядра и частиц

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** общей физики **6.**

**Составители программы:**

Стадная Надежда Павловна, кандидат физико-математических наук

**7. Рекомендована:** Заседание НМС физического факультета, протокол № 6 от 26.06.2020, продлена НМС физического факультета протокол №6 от 26.06.24

**8. Учебный год:** 2020/2021      **Семестр(ы):** 2

## 9. Цель изучения дисциплины

Ознакомить студентов с основными положениями молекулярной физики и основами статистической термодинамики; развитием и современным состоянием методов расчёта состояний макроскопических систем и определения их основных термодинамических характеристик.

## 10. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Молекулярная физика и основы статистической термодинамики» относится к базовой части профессионального цикла основной образовательной программы подготовки бакалавров направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии». Для освоения дисциплины «Молекулярная физика и основы статистической термодинамики» необходимы знания, умения и компетенции, полученные при изучении курсов «Механика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения».

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)	<p><b>ОПК-1.1 знать:</b> предмет и объекты изучения молекулярной физики; связь молекулярной физики с другими разделами физики и другими науками; современные представления о строении веществ; о свойствах современных материалов; современное оборудование для исследования термодинамических параметров макросистем; исторический путь развития науки о строении вещества и тепловых свойств тел.</p> <p><b>ОПК-1.2 уметь:</b> приводить примеры, связанные с проявлением законов термодинамики.</p> <p><b>ОПК-1.3 владеть (иметь навык(и)):</b> в объяснении основных методов исследования, применяемых в молекулярной физике</p>

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 6/216. 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)					
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам			
			1	2		
			2			

Аудиторные занятия	180		180			
в том числе: лекции	32		32			
практические	32		32			
лабораторные	64		64			
Самостоятельная работа	52		52			
Форма промежуточной аттестации (Экз, К(2))	36		36			
Итого:	216		216			

### 13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Предмет молекулярной физики	Молекулы; межмолекулярные взаимодействия. Необходимость статического описания системы многих частиц. Соотношение статических и динамических закономерностей. Случайные события. Частное определение вероятности. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Среднее значение и математическое ожидание случайной величины. Понятие о равновесии. Отклонение от среднего: флуктуация. Идеальный газ как простейшая модель статистической системы. Среднее во времени и среднее по ансамблю. Эргодическая гипотеза и постулат о равновозможности микросостояний.
1.2	Экспериментальные основы кинетической теории газов	Температура как мера средней кинетической энергии молекул. Броуновское движение. опыты Штерна и Эльдфиенджа. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла). Характерные скорости в распределении Максвелла. Выражение давления газа через среднюю кинетическую энергию молекул – основное уравнение кинетической теории газа. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Основные газовые законы.
1.3	Газ в поле внешних потенциальных сил	Закон Больцмана и его проверка (опыты Перрена). Барометрическая формула. Понятие о распределении Максвелла-Больцмана.
1.4	Столкновение молекул газа	Число столкновений в единицу времени; эффективное газокинетическое сечение (вероятность столкновения); длина свободного пробега молекул. Распределение молекул по длинам пробегов. опыты по измерению средней длины пробегов молекул (опыты Борна и Бормана). Рассеяние молекулярного пучка в газе. Формула Клаузиуса. Коэффициент рассеяния.

1.5	Общая характеристика процессов переноса	<p>Понятие о релаксационных процессах в газе; законы Фурье (теплопроводность), Ньютона-Стокса (внутреннее трение), Фика (диффузия), Молекулярная интерпретация явлений переноса: вычисление коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности (связь между ними).</p> <p>Физические процессы в разреженных газах; понятие вакуума; теплопередача при низких давлениях; молекулярное течение; проникновение газа в другой газ при малых давлениях. Равновесие в разреженных газах.</p> <p>Тепловая транспирация. Элементы вакуумной техники.</p>
1.6	Первое начало термодинамики	<p>Термодинамический метод. Термодинамические системы. Внутренняя энергия системы. Внешняя работа и количество теплоты. Первое начало термодинамики.</p> <p>Применение первого начала термодинамики к идеальному газу:</p> <p>1) Классическая теория теплоемкости газа; "вымерзание" степеней свободы; понятие о квантовой теории.</p> <p>2) Вычисление работы газа по расширению: в изобарическом, изотермическом, адиабатическом процессах. Уравнение адиабаты. Политропические процессы. Уравнение политропы.</p>
1.7	Преобразование теплоты в работу	Обратимые и необратимые термодинамические процессы;
		<p>квазистатические процессы. Циклы. Принцип Томсона (Кельвина) и другие формулировки второго начала термодинамики.</p> <p>Цикл Карно. Тепловой двигатель и холодильная машина Карно. КПД идеальной машины Карно. Теорема Карно. Приведенная теплота.</p>
1.8	Энтропия как функция состояния	<p>Неравенство Клаузиуса. Энтропия как функция состояния, вычисление изменения энтропии в различных процессах, законы возрастания энтропии в замкнутых (изолированных) термодинамических системах.</p> <p>Термодинамическая функция (потенциалы): свободная энергия Гельмгольца; энтальпия (тепловая функция Гиббса); свободная энтальпия (изобарно-изотермический потенциал). Понятие о химическом потенциале; фазовое равновесие.</p> <p>Термодинамическая шкала температур. Статистический смысл второго начала термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность. Больцмановская формулировка второго начала термодинамики.</p>

1.9	Реальные газы	<p>Межмолекулярные взаимодействия (силы Ван-дерВаальса). Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p> <p>Смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса.</p> <p>Изотермы Ван-дер-Ваальса. Сравнение с экспериментом. Переход пара в жидкость. Динамическое равновесие в системе: “насыщенный пар-жидкость”. Давление насыщенных паров. Метастабильные состояния.</p> <p>Критическое состояние. Критические параметры. Вычисления критических параметров через поправки в уравнении Ван-дер-Ваальса.</p> <p>Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенных параметрах.</p> <p>Теорема о соответственных состояниях.</p> <p>Внутренняя энергия идеального газа. Адиабатическое дросселирование газа. Эффект Джоуля-Томсона.</p> <p>Температура и кривая инверсии, методы получения низких температур, сжижение газов.</p>
1.10	Явления переноса жидкости	<p>Особенности теплового движения молекул в жидкости. “Оседлое” положение молекул. Ближний порядок в жидкости, особенности явлений переноса в жидкости. Явления, обусловленные наличием свободной поверхности.</p> <p>Поверхностная энергия; удельная поверхностная энергия (коэффициент поверхностного натяжения).</p> <p>Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Смачивание. Капиллярные явления.</p> <p>Жидкие растворы. Осмотическое давление. Давление насыщенных паров над раствором. Растворимость газов в жидкости. Смеси жидкостей.</p>
1.11	Твёрдые кристаллические амфорные полимеры. Кристаллическая решётка	<p>Кристаллическая решетка; элементарные ячейки, параметры решетки. Основные физические свойства кристаллов.</p> <p>Элементы симметрии кристаллов.</p> <p>Решетки Браве. Кристаллографические сингонии. Геометрическое описание кристаллов: индексы узлов, кристаллографических плоскостей и направлений.</p> <p>Силы химической связи. Плотные упаковки.</p>
		<p>Координационное число.</p> <p>Тепловые свойства кристаллов. Тепловое расширение.</p> <p>Энергия кристалла. Классическая теория теплоемкости (закон Дюлонга-Пти).</p> <p>Понятие о квантовой теории теплоемкости: теория Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая.</p> <p>Механические свойства кристаллов. Деформация кристаллов. Точечные и линейные (дислокации) дефекты в реальных кристаллах. Дислокации и механические свойства кристаллов. Аморфные твердые тела (стекла) и капилляры.</p> <p>Понятие о жидких кристаллах.</p>

1.12	Фазовые превращения первого и второго рода	<p>Испарение жидкости и конденсация пара. Динамическое равновесие. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.</p> <p>Диаграмма состояния двухфазной системы. Плавление и кристаллизация; испарение (сублимация) твердых тел.</p> <p>Диаграмма состояния трехфазной системы. Тройная точка, фазовое равновесие. Полиморфизм. Сплавы. Диаграммы плавления. Эвтектика.</p>
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Экспериментальные основы кинетической теории газов	<p>Температура как мера средней кинетической энергии молекул. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла). Характерные скорости в распределении Максвелла.</p> <p>Выражение давления газа через среднюю кинетическую энергию молекул – основное уравнение кинетической теории газа. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Основные газовые законы.</p>
2.2	Газ в поле внешних потенциальных сил	Закон Больцмана и его проверка (опыты Перрена). Барометрическая формула. Понятие о распределении Максвелла-Больцмана.
2.3	Столкновение молекул газа	<p>Число столкновений в единицу времени; эффективное газокинетическое сечение (вероятность столкновения); длина свободного пробега молекул. Распределение молекул по длинам пробегов. опыты по измерению средней длины пробегов молекул (опыты Борна и Бормана). Рассеяние молекулярного пучка в газе. Формула Клаузиуса.</p> <p>Коэффициент рассеяния.</p>
2.4	Общая характеристика процессов переноса	<p>Понятие о релаксационных процессах в газе; законы Фурье (теплопроводность), Ньютона-Стокса (внутреннее трение), Фика (диффузия), Молекулярная интерпретация явлений переноса: вычисление коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности (связь между ними).</p> <p>Физические процессы в разреженных газах; понятие вакуума; теплопередача при низких давлениях; молекулярное течение; проникновение газа в другой газ при малых давлениях. Равновесие в разреженных газах. Тепловая транспирация. Элементы вакуумной техники.</p>
2.5	Первое начало термодинамики	<p>Термодинамический метод. Термодинамические системы. Внутренняя энергия системы. Внешняя работа и количество теплоты. Первое начало термодинамики.</p> <p>Применение первого начала термодинамики к идеальному газу:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Классическая теория теплоемкости газа; “вымерзание” степеней свободы; понятие о квантовой теории.</li> <li>2) Вычисление работы газа по расширению: в изобарическом, изотермическом, адиабатическом</li> </ol>
		<p>процессах. Уравнение адиабаты. Политропические процессы. Уравнение политропы.</p>

2.6	Преобразование теплоты в работу	<p>Обратимые и необратимые термодинамические процессы; квазистатические процессы. Циклы. Принцип Томсона (Кельвина) и другие формулировки второго начала термодинамики.</p> <p>Цикл Карно. Тепловой двигатель и холодильная машина Карно. КПД идеальной машины Карно. Теорема Карно. Приведенная теплота.</p>
2.7	<p>функция</p> <p>Энтропия как состояния</p>	<p>Неравенство Клаузиуса. Энтропия как функция состояния, вычисление изменения энтропии в различных процессах, законы возрастания энтропии в замкнутых (изолированных) термодинамических системах.</p> <p>Термодинамическая функция (потенциалы): свободная энергия Гельмгольца; энтальпия (тепловая функция Гиббса); свободная энтальпия (изобарно-изотермический потенциал). Понятие о химическом потенциале; фазовое равновесие. Термодинамическая шкала температур. Статистический смысл второго начала термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность. Больцмановская формулировка второго начала термодинамики.</p>
2.8	Реальные газы	<p>Межмолекулярные взаимодействия (силы Ван-дерВаальса). Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p> <p>Смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса.</p> <p>Изотермы Ван-дер-Ваальса. Сравнение с экспериментом. Переход пара в жидкость. Динамическое равновесие в системе: “насыщенный пар-жидкость”. Давление насыщенных паров. Метастабильные состояния.</p> <p>Критическое состояние. Критические параметры. Вычисления критических параметров через поправки в уравнении Ван-дер-Ваальса.</p> <p>Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенных параметрах.</p> <p>Теорема о соответственных состояниях.</p> <p>Внутренняя энергия идеального газа. Адиабатическое дросселирование газа. Эффект Джоуля-Томсона.</p> <p>Температура и кривая инверсии, методы получения низких температур, сжижение газов.</p>
2.9	<p>в</p> <p>Явления переноса жидкости</p>	<p>Особенности теплового движения молекул в жидкости. “Оседлое” положение молекул. Ближний порядок в жидкости, особенности явлений переноса в жидкости.</p> <p>Явления, обусловленные наличием свободной поверхности.</p> <p>Поверхностная энергия; удельная поверхностная энергия (коэффициент поверхностного натяжения).</p> <p>Давление под искривленной поверхностью жидкости.</p> <p>Формула Лапласа. Смачивание. Капиллярные явления.</p> <p>Жидкие растворы. Осмотическое давление. Давление насыщенных паров над раствором. Растворимость газов в жидкости. Смеси жидкостей.</p>

2.10	Твёрдые амфорные полимеры. Кристаллическая решётка	тела: кристаллические и амфорные тела; решётка	Кристаллическая решетка; элементарные ячейки, параметры решетки. Основные физические свойства кристаллов. Элементы симметрии кристаллов. Решетки Браве. Кристаллографические сингонии. Геометрическое описание кристаллов: индексы узлов, кристаллографических плоскостей и направлений. Силы химической связи. Плотные упаковки. Координационное число. Тепловые свойства кристаллов. Тепловое расширение. Энергия кристалла. Классическая теория теплоемкости (закон Дюлонга-Пти). Понятие о квантовой теории теплоемкости: теория Эйнштейна и Дебая. Температура Дебая. Механические свойства кристаллов. Деформация кристаллов. Точечные и линейные (дислокации) дефекты в реальных кристаллах. Дислокации и механические свойства кристаллов. Аморфные твердые тела (стекла) и капилляры. Понятие о жидких кристаллах.
2.11	Фазовые превращения первого и второго рода		Испарение жидкости и конденсация пара. Динамическое равновесие. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграмма состояния двухфазной системы. Плавление и кристаллизация; испарение (сублимация) твердых тел. Диаграмма состояния трехфазной системы. Тройная точка, фазовое равновесие. Полиморфизм. Сплавы. Диаграммы плавления. Эвтектика.
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	Экспериментальные основы кинетической теории газов		Изучение законов нормального распределения. Броуновское движение в жидкости. Определение средней длины пробега молекул воздуха
3.2	Общая характеристика процессов переноса		Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда
3.3	Первое начало термодинамики		Определение отношения теплоёмкостей газов по способу Клемана и Дезорма
3.4	Преобразование теплоты в работу		
3.5	Явления переноса в жидкости		Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса. Определение коэффициента поверхностного натяжения. Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей
3.6	Твёрдые тела: кристаллические и амфорные твёрдые тела; полимеры. Кристаллическая решётка		Определение коэффициента линейного расширения твёрдых тел

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Предмет молекулярной физики	2			2	4



2	Экспериментальные основы кинетической теории газов	2	6	4	2	14
3	Газ в поле внешних потенциальных сил.	2	2		2	6
4	Столкновение молекул газа	4	2		2	8
5	Общая характеристика процессов переноса	4	4	14	2	24
6	Первое начало термодинамики	2	4	20	3	29
7	Преобразование теплоты в работу	2	4	6	4	16
8	Энтропия как функция состояния.	2	2		6	10
9	Реальные газы	4	2		4	10
10	Явления переноса в жидкости	2	2	14	2	20
11	Твёрдые тела: кристаллические и амфорные твёрдые тела; полимеры. Кристаллическая решётка	2	2	10	4	18
12	Фазовые превращения первого и второго рода	4	4		2	10
	Итого:	32	32	64	52	216

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с конспектами лекций, чтение литературы по предмету; решение задач по курсу; выполнение и оформление лабораторных работ в течение семестра; постепенное освоение математических пакетов (например, *Maxima* и др.).

Самостоятельная работа студентов в течение семестра включает следующие формы работы и виды контроля:

- подготовка к практическим занятиям; при подготовке к практическим занятиям необходимо проработать теоретические вопросы занятия с использованием материала лекций и рекомендуемой литературы, подробно разобрать примеры решения задач, разобранных на лекциях, выполнить домашние задания по данной теме;
- подготовка к коллоквиуму по лекционному курсу; при подготовке к коллоквиуму по лекционному курсу необходимо проработать теоретические вопросы данного модуля с использованием материала лекций и рекомендуемой литературы, подробно разобрать примеры, разобранные на лекциях, выполнить домашние задания по данному модулю;

Показателем успешной текущей работы студента является еженедельное выполнение заданий на практических занятиях.

Методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по курсу включает:

- Конспект лекций;

- Основную литературу;
- Дополнительную литературу.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов : в 5 т. / Д.В.Сивухин .— М. : Физматлит. Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика .— Изд. 5-е, испр. — 2006 .— 543 с. : ил. — Имен. указ., предм. указ. : с.529-537 .— ISBN 5-9221-0601-5.
2	Иродов, Игорь Евгеньевич. Задачи по общей физике : [учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по естественнонауч., пед. и техн. направлениям и специальностям] / И. Е. Иродов .— Изд. 13-е, стер. — Санкт-Петербург и др. ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009 .— 416 с. : ил., табл. — (Классическая учебная литература по физике / редсов.: Ж.И.Алферов (пред.) [и др.]) (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Парал. тит. л. англ. — ISBN 978-5-8114-0319-6.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Савельев, Игорь Владимирович. Курс общей физики : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по техн. (550000) и технол. (650000) направлениям : в 3 т. / И.В. Савельев .— Изд. 4-е, стер. — СПб. : Лань, 2005- .— ISBN 5-8114-0629-0. <i>Т. 1: Механика. Молекулярная физика .— 2005 .— 432 с. : ил. — (Классическая учебная литература по физике / редсов.: Ж.И. Алферов (пред.) [и др.]) (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Парал. тит. л. англ. — Предм. указ.: 429-432 .— ISBN 5-8114-0630-4.</i>
4	Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике : В 9 вып. : Пер. с англ. / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс ; Под ред. Я.А. Смородинского .— М. : Эдиториал УРСС, 2004- .— ISBN 5-354-00698-8. <i>[Вып. 4]: Кинетика. Теплота. Звук / Пер. с англ. А.В. Ефремова и [др.] .— 4-е изд., исправленное .— 2004 .— 259,[1] с. : ил. — (Полный курс общей физики) .— ISBN 5-354-00702-X</i>
5	Кикоин, Абрам Константинович. Молекулярная физика : [учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по физ., техн. и пед. направлениям и специальностям] / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин .— Изд. 4-е, стер. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008 .— 480 с. : ил. — (Классическая учебная литература по физике / редсов.: Ж.И. Алферов (пред.) [и др.]) (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Парал. тит. л. англ. — Предм. указ.: с.479-480 .— ISBN 978-5-8114-0737-8.
6	Матвеев, Алексей Николаевич. Молекулярная физика : учебное пособие / А.Н. Матвеев .— Изд. 4-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 364 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике / ред. совет : Ж.И.Алферов (пред.) [и др.]) (Лучшие классические учебники) .— Парал. тит. л. англ. — Предм. указ.: с.358-360 .— ISBN 978-5-8114-1007-1.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
8	<a href="http://www.edu.vsu.ru">www.edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал ВГУ

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
-------	----------

1	<a href="#">Френкель, Даан</a> . Принципы компьютерного моделирования молекулярных систем: от алгоритмов к приложениям = Understanding molecular simulation. From algorithms to applications / Даан Френкель, Беренд Смит ; пер. с англ. и науч. ред. В.А. Иванов, М.Р. Стукан .— Москва : Научный мир , 2013.— 559 с.
2	<a href="#">Ландау, Лев Давидович</a> . Механика и молекулярная физика : [учебное пособие] / Л.Д. Ландау, А.И. Ахиезер, Е.М. Лифшиц .— 4-е изд. — Долгопрудный : Издательский дом Интеллект, 2014 .— 397 с.

### **17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационносправочные системы (при необходимости)**

Для реализации учебной дисциплины используются следующие информационные технологии: элементы программирования (для обработки результатов экспериментов в лабораторных работах), работа с электронными ресурсами на порталах [www.edu.vsu.ru](http://www.edu.vsu.ru) (лекции на образовательных платформах, выкладывание электронных вариантов задачников, учебных пособий на личных страницах преподавателей в образовательном портале), [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) (работа с электронной базой данных библиотеки ВГУ); использование в подготовке материалов лекций и в работе со студентами различных программных математических продуктов, таких как Matlab и др.

### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудитории общеаудиторного фонда главного корпуса ВГУ согласно установленному расписанию; лабораторные работы проводятся в лаборатории кафедры общей физики №145. Лаборатория оснащена необходимым количеством рабочих мест (19 столов, из них стол для преподавателя, стол для лаборанта, 4 стола без оборудования, 13 столов с оборудованием для выполнения лабораторных работ по курсам «Механика» и «Молекулярная физика»), компьютером для обработки результатов вычислений, комплектами для выполнения лабораторных работ по По молекулярной физике:

- доска Гальтона;
- установка для изучения биений (колебаний связанных систем);
- установка для исследования затухающих колебаний;
- установка для определения длины свободного пробега молекул воздуха (2 шт.);
- вискозиметр Оствальда;
- установка для определения коэффициента внутреннего трения методом Стокса;
- ротационный вискозиметр;
- установка для определения поверхностного натяжения воды;
- установка для определения зависимости поверхностного натяжения воды от температуры (2 шт.);
- установка для определения коэффициент объёмного расширения жидкостей;

- установка для определения скорости звука интерференционным методом (генераторы звуковых частот ЗГ-1);
- ТКО для лаб. «Молекул.физ. и термодинам.»: ФПТ1-1, ФПТ1-3, ФПТ1-6, ФПТ1-8, ФПТ1-10, ФПТ1-11;
- Компьютер HP ProDesk 400 G5 DM с монитором ЖК 22" BenQ BL2283 и колонками (1 шт.).

## 19. Фонд оценочных средств

**Примечание:** отдельный файл, прилагаемый к рабочей программе

### 19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения (дублируется в отдельном файле, прилагаемом к рабочей программе – ФОС)

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК-1	<p><b>знать:</b> предмет и объекты изучения молекулярной физики; связь молекулярной физики с другими разделами физики и другими науками; современные представления о строении веществ; о свойствах современных материалов; современное оборудование для</p>	<p>Все разделы, указанные в содержании дисциплины в рабочей программе, формируют обе указанные компетенции: ОПК-1</p>	
	<p>исследования термодинамических параметров макросистем; исторический путь развития науки о строении вещества и тепловых свойств тел.</p> <p><b>уметь:</b> приводить примеры, связанные с проявлением законов термодинамики.</p>		<p>Коллоквиум № 1 Контрольная работа № 1</p>

	владеть ( <b>иметь навык(и)</b> ): в объяснении основных методов исследования, применяемых молекулярной физике	В	Вопросы к работам лабораторного практикума (ЛП) Часть 1
			Контрольная работа № 2 Вопросы к работам ЛП Часть 2
<b>Промежуточная аттестация экзамен</b>			Комплект КИМ № 1

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации (дублируется в отдельном файле, прилагаемом к рабочей программе – ФОС)

### Критерии оценки обучающихся на текущей аттестации (коллоквиум)

**«Отлично»:** даны полные, развёрнутые ответы на оба вопроса коллоквиума. Ответы должны отличаться логической последовательностью, чёткостью, умением делать выводы. Ответ структурирован. Допускаются незначительные недочёты со стороны обучающегося, исправленные им в процессе ответа.

**«Хорошо»:** дан полный аргументированный ответ на один вопрос коллоквиума, при ответе на второй вопрос имеются существенные недочёты. Возможны некоторые упущения в ответах, однако в целом содержание вопроса раскрыто полно.

**«Удовлетворительно»:** даны неполные ответы на вопросы коллоквиума, либо дан ответ лишь на один вопрос из двух. Слабо аргументированный ответ, свидетельствующий об элементарных знаниях по дисциплине.

**«Неудовлетворительно»:** отмечено незнание и непонимание поставленных вопросов, слабые ответы на оба вопроса из предоставленных обучающемуся. Отсутствие аргументации при ответе.

### Критерии оценки обучающихся на текущей аттестации (контрольная работа)

**«Отлично»:** решены все четыре задачи из контрольной работы. Допускаются незначительные недочёты, но не более чем в двух задачах.

**«Хорошо»:** решены 3-4 задачи, допускаются незначительные недочёты, но не более чем в двух задачах.

**«Удовлетворительно»:** решено 1-2 задачи, допущены грубые ошибки при решении задач.

**«Неудовлетворительно»:** решено не более одной задачи, имеются грубые ошибки по физике.

### Критерии оценки обучающихся на промежуточной аттестации (зачёт по лабораторному практикуму)

**«Зачтено»:** Сданы более 8 лабораторных работ (из 13). Оформлены отчеты по работам. При ответе на вопросы к лабораторной работе обучающийся даёт содержательные ответы, которые отличаются логической последовательностью,

чёткостью и умением делать выводы. Обучающийся демонстрирует знания принципа действия и устройства оборудования, на котором выполнялась лабораторная работа.

**«Незачтено»:** Сдано менее 8 лабораторных работ. В случае выполнения работы и готового отчёта работа не зачитывается, если обучающийся не способен рассказать о методике выполнения работы и принципе работы оборудования.

### **Критерии оценки обучающихся на промежуточной аттестации (курсовая работа)**

**«Отлично»:** в работе чётко и ясно поставлены цели и задачи; содержание работы полностью отражает цель; задачи, поставленные в начале курсовой работы, достигнуты; текст отличается ясностью и логической последовательностью; в работе используется достаточное количество современных научных источников. При сдаче курсовой работы обучающийся чётко отвечает на задаваемые вопросы по теме работы. Выводы в заключении изложены чётко и соответствуют поставленным целям.

Допускаются незначительные недочёты со стороны обучающегося, исправленные после сделанных замечаний.

**«Хорошо»:** в работе чётко и ясно поставлены цели и задачи; содержание работы полностью отражает цель; задачи, поставленные в начале курсовой работы, достигнуты; текст отличается ясностью и логической последовательностью; однако работа с литературой недостаточная (мало источников или используются устаревшие источники). Имеются недостатки в оформлении работы в целом. При сдаче курсовой работы обучающийся довольно уверенно отвечает на вопросы. Имеются неточности в ответе.

**«Удовлетворительно»:** Работа оформлена и написана небрежно, однако цели и задачи поставлены и в целом выполнены. Отсутствует логическая последовательность в изложении. Работа с литературными источниками слабая. При сдаче курсовой работы обучающийся слабо отвечает на задаваемые вопросы, в целом не умеет чётко и ясно излагать мысли и формулировать выводы.

**«Неудовлетворительно»:** работа отсутствует. Либо в представленной работе отсутствуют чётко поставленные цели и задачи, или отсутствует одна из содержательных частей. Студент не может ответить на задаваемые вопросы.

### **Критерии оценки обучающихся на промежуточной аттестации (экзамен)**

**«Отлично»:** уровень сформированности компетенций – высокий (углубленный). Полное соответствие ответа студента на предлагаемый вопрос осваиваемым компетенциям. Компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень.

**«Хорошо»:** уровень сформированности компетенций – повышенный (продвинутый). Ответ студента выявляет недостаточное владение необходимыми теоретическими и практическими навыками. Компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме, что выражается в отдельных неточностях (несущественных ошибках) при ответе. Ответ отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой,

чем при высоком (углубленном) уровне сформированности компетенций. Однако допущенные ошибки исправляются самим студентом после дополнительных вопросов преподавателя. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень.

**«Удовлетворительно»:** ответ студента отличается непоследовательностью, неумением делать выводы, слабым освоением теоретических и практических навыков. Компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично, что выражается в допускаемых неточностях и существенных ошибках при ответе, нарушении логики изложения, неумении аргументировать и обосновывать суждения и профессиональную позицию. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу.

**«Неудовлетворительно»:** компетенции не сформированы, что выражается в разрозненных, бессистемных, отрывочных знаниях, допускаемых грубых профессиональных ошибках, неумении выделять главное и второстепенное, связывать теорию с практикой, устанавливать межпредметные связи, формулировать выводы по ответу, отсутствии собственной профессиональной позиции.

### **19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

*(приведены в отдельном файле, прилагаемом к рабочей программе – ФОС)*

### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: коллоквиума, двух контрольных работ, лабораторных работ, сдаваемых в течение семестра.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков.

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости (сдача лабораторных работ лабораторного практикума, две контрольные работы, коллоквиум), промежуточную аттестацию обучающихся в форме зачёта (по лабораторному практикуму), курсовой работы, экзамена.

Основным критерием освоения дисциплины считается освоение компетенций:

- способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1).

Конкретное сочетание двух указанных компетенций определяет критерии оценивания результатов обучения (сформированности компетенций) на экзамене:

- высокий (углубленный) уровень сформированности компетенций; –
- повышенный (продвинутый) уровень сформированности компетенций;
- пороговый (базовый) уровень сформированности компетенций.

Для оценивания результатов обучения на экзамене и при оценке курсовых работ используется количественная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Для оценивания результатов обучения на зачёте по лабораторному практикуму используется качественная шкала: «зачтено»/ «незачтено».

Критерии оценки представлены выше.



## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/специальность: 14.03.02 Ядерные физика и технологии



Дисциплина: Б1.О.12.02 Молекулярная физика и основы статистической термодинамики

Профиль подготовки: Физика атомного ядра и частиц

Форма обучения: Очная

Учебный год: 2020-2021

Ответственный исполнитель

Зав. каф. общей физики	 Подпись	Клинских А. Ф. расшифровка подписи	<u>02.07 2020</u>
Исполнители			
доцент кафедры общей физики	 Подпись	Стадная Н. П. расшифровка подписи	<u>02.07 2020</u>
_____	Подпись	расшифровка подписи	__ . __ 20 __
_____	Подпись	расшифровка подписи	__ . __ 20 __
_____	Подпись	расшифровка подписи	__ . __ 20 __

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП ВО по НП/С



подпись

Любашевский Д. Е. 02.07 2020  
расшифровка подписи

Зав.отделом обслуживания ЗНБ



подпись

Гомоногова Н. В. 04.07 2020  
расшифровка подписи

Программа рекомендована НМС физического факультета

протокол № 6 от 26.06.2020 г.