

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.  
Н.И. Лобачевского»**

**Физический факультет**

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

**Решение задач по термодинамике и молекулярной физике**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Физика конденсированного состояния

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород – 2023

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Решение задач по термодинамике и молекулярной физике» относится к вариативной части является обязательным для освоения, преподается на 1 году обучения, в 2 семестре.

**Цели освоения модуля.** главной целью дисциплины «Решение задач по термодинамике и молекулярной физике» является создание устойчивых навыков применения законов молекулярной физики и термодинамики. Для усвоения данного курса необходимо знание основных физических законов и явлений в объеме школьного курса физики и дисциплины «Механика».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	(УК-1) <b>Знать</b> фундаментальные понятия, законы и модели классической термодинамики и молекулярной физики. (УК-1) <b>Уметь</b> применять законы и модели термодинамики и молекулярной физики для решения профессиональных задач. (УК-1) <b>Владеть</b> навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения дисциплины.

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	зачет

### Содержание дисциплины «Решение задач по термодинамике и молекулярной физике»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа

по дисциплине		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Статистическая термодинамика	12	5	4	–	9	3
Молекулярно-кинетическая теория газов	11	5	3	–	8	3
Метод термодинамики	10	5	3	–	8	2
Первый принцип термодинамики	11	5	3	–	8	3
Газы с межмолекулярным взаимодействием	9	4	3	–	7	2
Второй принцип термодинамики	11	6	3	–	9	2
Равновесие фаз и фазовые переходы	10	5	3	–	8	2
Жидкости	9	3	3	–	6	3
Процессы переноса	11	5	3	–	8	3
Твердые тела	12	5	4	–	9	3
В т.ч. текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация – зачет						

### Содержание разделов дисциплины «Решение задач по термодинамике и молекулярной физике»

1. Метод термодинамики. Термодинамическая система. Термодинамические параметры, процессы. Равновесные и неравновесные процессы. Температура как функция состояния. Определение температуры. Температурная шкала по идеальному газу. Уравнение состояния и температурные коэффициенты.
2. Молекулярно-кинетическая теория газов. Основное уравнение кинетической теории газов. Давление идеального газа. Закон Дальтона. Уравнение состояния. Уравнение Менделеева-Клайперона.
3. Первый принцип термодинамики. Работа и внутренняя энергия. Первый принцип термодинамики для адиабатически изолированной системы. Количество теплоты. Первый принцип термодинамики. Адиабатическое расширение и сжатие идеального газа. Теплоемкость. Уравнение политропического процесса. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Недостатки классической теории теплоемкости.
4. Газы с межмолекулярным взаимодействием. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Критическая температура и критическое состояние. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Недостатки уравнения Ван-дер-Ваальса.
5. Второй принцип термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия идеального газа. Циклические процессы. Цикл Карно. Второй принцип термодинамики. Первая теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Приведенное количество теплоты. Энтропия. Дифференциальные соотношения для энтропии. Изменение энтропии при необратимых процессах. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии. Пределы применимости второго принципа термодинамики. Статистический смысл второго принципа термодинамики.
6. Равновесие фаз и фазовые переходы. Метод микроциклов. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Метод характеристических функций. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Термодинамический потенциал сложных систем. Условия равновесия однородных

систем. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты. Фазовое равновесие и фазовое превращения первого рода. Правило Максвелла. Теплота фазового перехода. Равновесие гетерогенной системы. Правило фаз Гиббса. Кривые равновесия фаз. Тройная точка.

7. Жидкости. Структура жидкости. Явления на границе жидкости. Условия равновесия на границе двух фаз. Краевой угол. Силы, возникающие над кривой поверхностью жидкости. Капиллярные явления. Сила сцепления между смачиваемыми пластинами. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры. Давление насыщенного пара над кривой поверхностью жидкости. Поверхностное натяжение и условия равновесия фаз. Роль поверхностного натяжения при образовании новой фазы.
8. Статистическая термодинамика. Статистические закономерности. Основы теории вероятностей и элементы комбинаторики. Энергия модельной системы. Энтропия и температура модельной системы. Аддитивность энтропии. Закон возрастания энтропии. Химический потенциал модельной системы. Условия равновесия двух систем. Фактор Гиббса и фактор Больцмана. Фазовое пространство. Распределение Максвелла. Вычисление средних значений скоростей.
9. Процессы переноса. Элементарная кинетическая теория процессов переноса в газах. Средняя длина свободного пробега. Вязкость и перенос импульса. Теплопроводность и перенос энергии. Самодиффузия и перенос частиц.
10. Твердые тела. Строение твердого тела. Кристаллическая решетка и простейшие элементы симметрии. Фазовые переходы первого и второго рода. Удельная теплота кристаллизации.

#### **4. Образовательные технологии**

- 1) методика «вопросы и ответы»;
- 2) выполнение практического задания у доски;
- 3) индивидуальная работа над практическим заданием;
- 4) работа в парах над практическим заданием;
- 5) работа в малых группах над практическим заданием;

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, решение задач, изучение рекомендованной литературы и подготовку к зачету. Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на практических занятиях, активность в обсуждении качественных вопросов. Для контроля промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Решение задач по термодинамике и молекулярной физике» используются вопросы задачи по нижеприведенным темам.

#### **Вопросы для контроля.**

1. Уравнение состояния идеального газа.
2. Коэффициент теплового расширения, термический коэффициент давления, модуль изотермического всестороннего сжатия.
3. Закон Авогадро. Закон Дальтона.
4. Квазистатические процессы.
5. Внутренняя энергия термодинамических систем.
6. Макроскопическая работа. Количество теплоты.
7. Первое начало термодинамики.
8. Теплоемкость.
9. Внутренняя энергия идеального газа.
10. Закон Джоуля.
11. Уравнение Майера.
12. Адиабатический процесс.
13. Уравнение Пуассона.

14. Политропический процесс.
15. Второе начало термодинамики.
16. Обратимые и необратимые процессы.
17. Тепловые машины. Машина Карно. Цикл Карно.
18. КПД машины Карно.
19. Неравенство Клаузиуса.
20. Энтропия.
21. Свойства энтропии. Вероятностное определение энтропии.
22. Третье начало термодинамики.
23. Термодинамические функции.
24. Соотношения Максвелла.
25. Общие критерии термодинамической устойчивости. Принцип Ле-Шателье-Брауна.
26. Основные формулы молекулярно-кинетической теории.
27. Реальные газы.
28. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
29. Изотермы идеального газа.
30. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
31. Эффект Джоуля-Томсона.
32. Фазовые превращения.
33. Условия равновесия фаз.
34. Уравнение Клайпейрона-Клаузиуса.
35. Тройная точка.
36. Диаграмма состояния.
37. фазовые переходы первого и второго рода.
38. Явления переноса.

## **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных

задач (УК-1) Знать фундаментальные понятия, законы и модели классической термодинамики и молекулярной физики.

(УК-1) Уметь применять законы и модели термодинамики и молекулярной физики для решения профессиональных задач.

(УК-1) Владеть навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения дисциплины.

#### **Описание шкал оценивания**

##### **Критерии оценок зачета:**

*зачтено* – успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.

*не зачтено* – невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

**Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:**

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции. (В приложении)

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания. (В приложении)

#### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Решение задач по термодинамике и молекулярной физике»**

а) основная литература:

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: Высшая школа, 1981.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=259889&DB=1>
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Наука, 1990. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66961&DB=1>
3. Сборник задач по общему курсу физики. Книга II. Термодинамика и молекулярная физика [Электронный ресурс] / Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Сивухин Д. В., Яковлев И.А.; Под ред. Д. В. Сивухина. - 5-е изд., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html>
4. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71750>
5. Иверонова В.И. (ред.) Физический практикум. Механика и молекулярная физика (2-е изд.). М.: Наука, 1967 <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Iveronova1967ru.djvu>
6. Фаддеев М. А. - Элементарная обработка результатов эксперимента: учеб. пособие. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2004. - 120 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=467611&DB=1>

б) дополнительная литература:

1. Базаров И.П. Термодинамика. М. Высшая школа, 1991.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=430195&DB=1>
2. Иродов И.Е. Физика макросистем. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=466672>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://phys.unn.ru/library.asp?contenttype=Library>

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Решение задач по термодинамике и молекулярной физике»**

помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Авторы: доценты кафедры КРЭФ Зайцева Е.В., Каткова М.Р., Марычев М.О.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Е.В. Чупрунов

Рецензент

доцент каф. теоретической физики, к.ф.-м.н.

А.А. Конаков

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ от «20» мая 2023 года, протокол № б/н

Председатель

Учебно-методической комиссии  
физического факультета ННГУ

\_\_\_\_\_ / Перов А.А. /

## Приложение 1

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ</b> фундаментальные понятия, законы и модели классической физики.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики.	В целом успешное знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики	Успешное и систематическое знание фундаментальных понятий, законов и моделей классической физики
<b>УМЕТЬ:</b> применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах	Сформированное умение применять законы классической физики для анализа процессов, происходящих в различных физических процессах
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля	Успешное и систематическое применение навыков решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения модуля