

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины
Термодинамика и молекулярная физика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность образовательной программы
Материалы микро- и наносистемной техники

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.05.02 Термодинамика и молекулярная физика относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1: Знает фундаментальные законы физики и математики, методы математического анализа и моделирования ОПК-1.2: Умеет решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний ОПК-1.3: Иметь навыки применения физических законов и математических методов для решения задач профессиональной деятельности теоретического и прикладного характера	ОПК-1.1: Знать: фундаментальные законы термодинамики и молекулярной физики ОПК-1.2: Уметь: решать задачи деятельности на основе применения фундаментальных законов термодинамики и молекулярной физики ОПК-1.3: Владеть: навыками применения законов механики для решения задач профессиональной деятельности теоретического и прикладного характера	Коллоквиум Тест	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы
ОПК-3: Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-3.1: Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации ОПК-3.2: Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования ОПК-3.3: Владеет способами обработки и	ОПК-3.1: Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований тепловых процессов ОПК-3.2: Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования тепловых процессов	Коллоквиум Тест	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

	представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	ОПК-3.3: Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	48
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	33
Промежуточная аттестация	45
	Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
Тема 1 Статистическая термодинамика	10	5	2	7	3
Тема 2 Молекулярно-кинетическая теория газов	13	7	2	9	4
Тема 3 Метод термодинамики	9	5	1	6	3
Тема 4 Первый принцип термодинамики	11	5	2	7	4
Тема 5 Газы с межмолекулярным взаимодействием	9	4	2	6	3
Тема 6 Второй принцип термодинамики	10	6	1	7	3
Тема 7 Равновесие фаз и фазовые переходы	9	5	1	6	3
Тема 8 Жидкости	8	3	2	5	3

Тема 9 Процессы переноса	10	5	1	6	4
Тема 10 Твердые тела	8	3	2	5	3
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	48	16	66	33

Содержание разделов и тем дисциплины

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 фазовые 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. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Физика макросистем [текст] : основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. - 4-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 207 с. : рис. - (Общая физика). - Предм. указ.: с. 200-207. - ISBN 978-5-9963-0004-4 : Б. ц.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Перечень вопросов для собеседования.

1. Работа в термодинамике. Работа изотермического процесса, адиабаты, политропы.
2. Внутренняя энергия, количество теплоты.
3. Первое начало термодинамики.
4. Идеальный газ, элементарная теория. Уравнение состояния идеального газа.
5. Теплоемкость, Молярная теплоемкость. Уравнение Майера.
6. Адиабата идеального газа. Уравнение Пуассона.
7. Политропические процессы с идеальным газом.
8. Теплоемкость политропы идеального газа.
9. Термодинамическая шкала температур. Тождественность термодинамической и идеальногогазовой температурных шкал.
10. Неравенство и равенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии.
11. Энтропия как функция состояния системы. Энтропия идеального газа. Свойства энтропии.
12. Термодинамические функции.
13. Термодинамические системы с переменным числом частиц. Химический потенциал.
14. Закон возрастания энтропии. Парадокс Гиббса.

Примеры заданий. Полный перечень в ФОС.

Задача 1. Один моль идеального газа совершает политропический процесс, в результате которого температура увеличивается в h раз. Показатель политропы n , адиабаты g . Найти приращение энтропии газа в этом процессе.

Задача 2. Найти уравнение процесса для идеального газа, при котором теплоемкость газа меняется с температурой по закону $C = aT$, где a - постоянная.

Задача 3. Состояние идеального газа изменяется по политропе $P = kV$. Найти работу, совершаемую молекулами газа при повышении его температуры от T_1 до T_2 .

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

Перечень вопросов для собеседования.

1. Второе начало термодинамики. Тепловые машины.
2. Цикл Карно и теорема Карно.
3. Газ Ван-дер-Ваальса. Уравнение состояния.
4. Внутренняя энергия и работа для газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля - Томсона.
5. Изотерма реального газа. Критические параметры.
6. Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенном виде.
7. Фазовые превращения. Условия равновесия фаз.
8. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса.
9. Диаграмма состояния. Кривые фазового равновесия.
10. Фазовые переходы первого и второго рода.
11. Уравнение Эренфеста.

Примеры заданий. Полный перечень в ФОС.

Задача 1. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу A . Температура нагревателя T_1 , температура холодильника T_2 . Найти КПД машины, количество теплоты, получаемое машиной за один цикл от нагревателя, и количество теплоты, отдаваемое за один цикл холодильнику.

Задача 2. Кислород массой 1 кг совершает цикл Карно. При изотермическом расширении газа его объем увеличивается в два раза, а при последующем адиабатическом расширении совершается работа A . Определить работу, совершенную за цикл.

Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»

Оценка	Критерии оценивания
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Примеры тестовых вопросов. Полный перечень приведен в ФОС.

Задание 1

Энтропия – это функция состояния, изменение которой равно приведенному количеству теплоты.

Укажите верную математическую запись определения энтропии:

А). Б). В). Г).

Задание 2

Найдите верное выражение для уравнения состояния идеального газа и описания входящих в него величин.

А). $pV = m/MRT$, где V – объем газа, p – давление газа, m – масса молекулы газа, M – молярная масса газа, T – абсолютная температура;

Б). $T/pV = vR$, где V – объем газа, p – давление газа, v – количество вещества, T – абсолютная температура;

В). $pV = vRT$, где V – объем газа, p – давление газа, v – количество вещества, T – абсолютная температура;

Г). $pV = vRT$, где V – объем газа, p – давление газа, v – количество вещества, T – температура, измеренная по Цельсию.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

Примеры тестовых вопросов. Полный перечень приведен в ФОС.

Задание 1

Коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины равен 0,10. За некоторое время машина совершила полезную работу, равную 200 Дж. Какое количество теплоты получила за время совершения работы машина от нагревателя?

- А). 20Дж; Б). 2000 Дж; В). 550 Дж.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
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

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			объеме	некоторые с недочетами	недочетами	и, выполнены все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Примеры задач. Полный перечень в ФОС.

Задача 1. Молекула кислорода, ударившись о стенку сосуда, передала ей импульс $Dp=5.06 \times 10^{-23} \text{ кг} \times \text{м/с}$. Найти температуру газа в сосуде, если скорость данной молекулы была направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к стенке и равнялась по величине удвоенной среднеквадратичной скорости.

Задача 2. Две одинаковые колбы с одинаковым количеством молекул водорода в них соединены трубкой с краном. Средняя квадратичная скорость молекул в первой колбе $v_1 = 400 \text{ м/с}$, а во второй – $v_2 = 600 \text{ м/с}$. Какая установится средняя квадратичная скорость, если открыть кран, соединяющий колбы? Теплообмена с окружающей средой нет.

Задача 3. В двух сосудах одного и того же объема находятся различные идеальные газы. Масса газа в первом сосуде m_1 , во втором m_2 , давления газов и температуры их одинаковы. Сосуды соединили друг с другом, и начался процесс диффузии. Определить суммарное изменение ΔS энтропии рассматриваемой системы, если относительная молекулярная масса первого газа M_1 , а второго M_2

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Примеры задач. Полный перечень в ФОС.

Задача 1. Водяной пар, заполняющий пространство под поршнем в цилиндре, сжимают так, что он все время остается насыщенным, находясь на грани конденсации. Полагая для простоты, что удельная теплота парообразования равна q и не зависит от температуры, найти молярную теплоемкость C пара в данном процессе как функцию температуры. Пар считать идеальным газом.

Задача 2. Вывести формулу, выражающую зависимость давления насыщенного пара от температуры при следующих предположениях: 1) пар подчиняется уравнению состояния Клапейрона; 2) удельная теплота испарения q является линейной функцией температуры, т.е. $q=q_0-aT$; 3) удельный объем жидкости пренебрежимо мал по сравнению с удельным объемом насыщенного пара.

Задача 3. Давления насыщенного пара этилового спирта при температурах T_1 и T_2 равны p_1 и p_2 . Найти изменение энтропии при испарении массы Dm этилового спирта, находящегося при температуре T .

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	превосходное владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая

Оценка	Критерии оценивания
	часть курса успешно выполнена
отлично	исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твёрдое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена.
очень хорошо	полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, знакомство с отдельными теориями и фактами. Практическая часть курса успешно выполнена.
хорошо	достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам. Практическая часть курса успешно выполнена.
удовлетворительно	фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые. Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов. Практическая часть курса успешно выполнена.
неудовлетворительно	отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.
плохо	отсутствие ответа на оба основных вопроса, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Работа в термодинамике. Работа изотермического процесса, адиабаты, политропы.
2. Внутренняя энергия, количество теплоты.
3. Первое начало термодинамики.
4. Идеальный газ, элементарная теория. Уравнение состояния идеального газа.

5. Теплоемкость, Молярная теплоемкость. Уравнение Майера.
6. Адиабата идеального газа. Уравнение Пуассона.
7. Политропические процессы с идеальным газом.
8. Теплоемкость политропы идеального газа.
9. Термодинамическая шкала температур. Тождественность термодинамической и идеальногогазовой температурных шкал.
10. Неравенство и равенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии.
11. Энтропия как функция состояния системы. Энтропия идеального газа. Свойства энтропии.
12. Термодинамические функции.
13. Уравнения Эренфеста.
14. Термодинамические системы с переменным числом частиц. Химический потенциал.
15. Закон возрастания энтропии. Парадокс Гиббса.
16. Молекулярно-кинетическая трактовка температуры. Равнораспределение энергии по степеням свободы.
17. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
18. Распределение проекций скоростей молекул газа.
19. Распределение Максвелла молекул по скоростям. Наиболее вероятная, средняя и средняя квадратичная скорости.
20. Формула Максвелла в приведенном виде. Опытная проверка распределения Максвелла молекул по скоростям.
21. Статистическая трактовка энтропии.
22. Зависимость давления насыщенного пара от температуры.
23. Физический смысл термодинамических функций.
24. Основные уравнения кинетической теории газов.
25. Термодинамический подход к описанию систем с большим числом степеней свободы. Экспериментальное определение температуры.
26. Дифференциальные соотношения термодинамических функций.
27. Распределение Максвелла-Больцмана.
28. Изопроцессы.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Второе начало термодинамики. Тепловые машины.
2. Цикл Карно и теорема Карно.
3. Газ Ван-дер-Ваальса. Уравнение состояния.
4. Внутренняя энергия и работа для газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля - Томсона.
5. Изотермы Ван-дер-Ваальса.
6. Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенном виде.
7. Фазовые превращения. Условия равновесия фаз.
8. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
9. Диаграмма состояния. Кривые фазового равновесия.
10. Фазовые переходы первого и второго рода.
11. Средняя длина свободного пробега молекул в газах.
12. Процессы переноса. Диффузия.

13. Процессы переноса. Вязкость.
14. Процессы переноса. Теплопроводность.
15. Холодильная машина.
16. Машина Карно. Цикл Карно. КПД машины Карно.
17. Критические параметры газа Ван-дер-Ваальса.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	превосходное владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена
отлично	исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твёрдое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, свободное владение источниками. Практическая часть курса успешно выполнена.
очень хорошо	полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, знакомство с отдельными теориями и фактами. Практическая часть курса успешно выполнена.
хорошо	достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам. Практическая часть курса успешно выполнена.
удовлетворительно	фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые. Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов. Практическая часть курса успешно выполнена.
неудовлетворительно	отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.

Оценка	Критерии оценивания
плохо	отсутствие ответа на оба основных вопроса, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не владение терминологией. Практическая часть курса не выполнена или выполнена не в полном объеме.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Матвеев Алексей Николаевич. Молекулярная физика : учеб. пособие для студентов вузов / МГУ им. М. В. Ломоносова. - 3-е изд. - М. : Оникс : Мир и Образование, 2006. - 360 с. : ил. - (Классический университетский учебник / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) [и др.]). - ISBN 5-488-00283-9 (Оникс) : 214.50., 5 экз.
2. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов : [в 5 т.]. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. - 4-е изд., стер. - М. : Физматлит : МФТИ, 2003. - 576 с. : ил. - ISBN 5-9221-0226-5. - ISBN 5-89155-079-2 : 227.05., 2 экз.
3. Иродов Игорь Евгеньевич. Задачи по общей физике : учеб. пособие для вузов. - 10-е изд. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. - 431 с. : ил. - (Общая физика). - ISBN 978-5-9963-1718-9 : 384.00., 11 экз.
4. Савельев И. В. Курс общей физики : учеб. пособие для высш. техн. учеб. заведений : [в 3 т.]. - Изд. 2-е, перераб. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982-. Курс общей физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. - М., 1982. - 2-е изд., перераб. - 432 с. : ил. - 1.00., 155 экз.

Дополнительная литература:

1. Базаров Иван Павлович. Термодинамика : [учеб. для ун-тов по специальности "Физика"]. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1991. - 375, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-000626-3 : 1.30., 98 экз.
2. Фейнман Ричард П. Фейнмановские лекции по физике = The Feynman Lectures on Physics : [пер. с англ.]. [Вып.] 4. Кинетика. Теплота. Звук. - М. : Мир, 1965. - 261 с. : ил. - 1.19., 17 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника.

Автор(ы): Зайцева Екатерина Владимировна, кандидат физико-математических наук
Каткова Мария Ридовна, кандидат физико-математических наук
Марычев Михаил Олегович, кандидат физико-математических наук
Гажулина Анастасия Петровна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Чупрунов Евгений Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.