МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Высшая школа общей и прикладной физики
(факультет)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ВШОПФ _____ Е.Д. Господчиков

«____» _____ 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

Термодинамика и молекулярная физика

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 Физика

Направленность образовательной программы
профиль: Фундаментальная физика

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2020

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Термодинамика и молекулярная физика» входит в модуль «Общая физика», который относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП. Дисциплина является обязательной для освоения во втором семестре первого года обучения в бакалавриате.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов представления об основных методах описания физических систем, состоящих из большого числа частиц;
- расширить имеющиеся у них знания о термодинамических законах;
- углубить понимание этих законов и пределов их применимости, основываясь на аппарате высшей математики;
- формирование у студентов общепрофессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

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
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) (этап освоения – **начальный**)	*З1 (ОПК-1) Знать* законы термодинамики; молекулярно-кинетический (статистический) смысл термодинамических характеристик; свойства термодинамических потенциалов; следствия второго начала термодинамики для равновесных и неравновесных процессов; основные статистические распределения; условия равновесия фаз; влияние поверхностного натяжения на форму поверхности жидкого тела. *У1 (ОПК-1) Уметь* применять законы термодинамики для анализа термодинамических процессов (адиабатического, изобарического, изотермического); пользоваться для анализа различными термодинамическими потенциалами; анализировать фазовые переходы с помощью равенства Клапейрона—Клаузиуса; определять форму жидких тел при наличии поверхностного натяжения. *В1 (ОПК-1) Владеть* навыками решения задач, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях.
ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (этап освоения – **начальный**)	*У3(ОПК-3) Уметь* применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области. *В3 (ОПК-3) Владеть* основами термодинамики и использовать их при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 7 зачетных единиц, всего 252 часа, из которых 130 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (64 часа занятия лекционного типа, 64 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 54 часа подготовка и сдача экзамена, 68 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, **форма промежуточной аттестации по дисциплине**	**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**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
Тема 1. Основные законы термодинамики	49	16	16		32	17
Тема 2. Основы молекулярно-кинетической теории	49	16	16		32	17
Тема 3. Фазовые равновесия и фазовые превращения	49	16	16		32	17
Тема 4. Поверхностные явления	49	16	16		32	17
в т.ч.текущий контроль			4			
Промежуточная аттестация – **Экзамен**					2	54

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки классных и домашних контрольных работ. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) по дисциплине проходит в форме лекций и практических занятий. На занятиях лекционного типа используются мультимедийные средства поддержки образовательного процесса, часть занятий проводятся в виде демонстрационных лекций. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних контрольных работ и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведённой в конце данной программы. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, проводимых в Федеральном исследовательском центре Институт прикладной физики Российской академии наук.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних контрольных работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

Типовые задачи, предлагаемые студентам в качестве домашних контрольных работ:

Задача 1.

Скорость звука при 0 ^{o}C составляет 332 м/с. Определить скорость звука в водороде при той же температуре. Относительную молекулярную массу воздуха принять равной 28,8.

Задача 2

Доказать соотношения Максвелла:

$$(\partial T/\partial V)_S = -(\partial P/\partial S)_V, \quad (\partial T/\partial P)_S = (\partial V/\partial S)_P,$$
$$(\partial S/\partial V)_T = (\partial P/\partial T)_V, \quad (\partial S/\partial P)_T = -(\partial V/\partial T)_P.$$

Задача 3

Какую максимальную работу можно получить из системы двух тел, нагретых до разных абсолютных температур T_{10} и T_{20} ($T_{10} > T_{20}$), если эти тела используются в качестве нагревателя и холодильника в тепловой машине? Теплоёмкости тел C_1 и C_2 считать не зависящими от температуры.

Задача 4

На какую величину ΔT температура воздуха внутри мыльного пузыря должна превышать температуру T окружающего воздуха, чтобы пузырь стал подниматься? Ра-

диус пузыря r, поверхностное натяжение плёнки □. Массой плёнки можно пренебречь. Учесть, что давление воздуха внутри пузыря мало отличается от атмосферного давления P.

Задача 5

В тонкостенный сферический баллон массы $M = 1$ кг нагнетается азот при температуре $T = 300$ К. Найти максимальное количество азота, которое можно поместить в сосуд, если допустимое (безопасное) напряжение в стенках баллона $s = 50$ Н/мм^2. Плотность стали $r = 7{,}8$ г/см^3.

Задача 6

Воздух сжат в большом баллоне при температуре $T_1 = 273$ К и вытекает в атмосферу по трубке, в конце которой он приобретает скорость $u = 400$ м/с. Найти: а) температуру T_2 вытекающего воздуха в конце трубки; б) давление P_1 воздуха в баллоне. Процесс истечения считать адиабатическим.

6. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**, включающий:

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.

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)

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания *Знать* законы термодинамики; молекулярно-кинетический (статистический) смысл термодинамических характеристик; свойства термодинамических потенциалов; следствия второго начала термодинамики для равновесных и неравновесных процессов; основные статистические распределения; условия равновесия фаз; влияние поверхностного натяжения на форму поверхности жидкого	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материала с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей

тела.							
Умения Уметь применять законы термодинамики для анализа термодинамических процессов (адиабатического, изобарического, изотермического); пользоваться для анализа различными термодинамическими потенциалами; анализировать фазовые переходы с помощью равенства Клапейрона—Клаузиуса; определять форму жидких тел при наличии поверхностного натяжения.	Полное отсутствие умения использовать основные законы термодинамики для решения задач	Неумение использовать основные законы термодинамики для решения задач (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам)	Умение использовать основные законы термодинамики для решения стандартных задач с негрубыми ошибками	Умение использовать все изученные законы термодинамики для решения стандартных задач с негрубыми ошибками	Умение использовать все изученные законы термодинамики для решения стандартных задач с незначительными погрешностями	Умение использовать все изученные законы термодинамики для решения стандартных задач и задач повышенной сложности с незначительными погрешностями	Умение использовать все изученные законы термодинамики для решения стандартных задач и задач повышенной сложности
Навыки *Владеть* навыками решения задач, основываясь на знаниях, полученных в ходе освоения дисциплины.	Полное отсутствие навыка решения стандартных задач	Невладение навыками решения стандартных задач (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам термодинамики)	Владение навыками решения стандартных задач по основным разделам курса с негрубыми ошибками	Владение навыками решения стандартных задач по всем разделам курса с негрубыми ошибками	Владение навыками решения стандартных задач по всем разделам курса с незначительными погрешностями	Владение навыками решения стандартных задач и задач повышенной сложности с незначительными погрешностями	Владение навыками решения стандартных задач и задач повышенной сложности
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0–20 %	20–50 %	50–70 %	70–80 %	80–90 %	90–99 %	100 %

ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	«незачет»	«зачет»
Умения *Уметь* применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области	Отсутствие умения применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам термодинамики)	Умение применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области
Навыки *Владеть* основами термодинамики и использовать их при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований	Отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	Наличие основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований
Шкала оценок по проценту правильно выполненных	0–50 %	50–100 %

контрольных заданий		

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопроса курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предполагает рассмотрение итогов решения классных и домашних контрольных работ, при необходимости решение одной-двух дополнительных задач по различным разделам курса.

Оценка	**Уровень подготовки**
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит исчерпывающие, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение уверенно применять на практике приобретенные навыки, владение в полной мере методиками решения задач. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями; неполно отвечает на дополнительные вопросы; приводит достаточно аргументированные и почти полные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами; или исчерпывающее решение приводится только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена с заметными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками

	решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полные решения всех сформулированных в билете задач с некоторыми недочетами; или исчерпывающее решение приведено только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена со значительными погрешностями. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решения сформулированных в билете задач с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде <u>знаний</u> используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде <u>умений</u> и <u>владений</u> используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач.

По сложности ПКЗ разделяются на простые (стандартные) и комплексные задания. Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия, применяются для оценки умений. Комплексные задания (задания повышенной сложности) требуют поэтапного решения и развернутого ответа с применением нестандартных подходов к решению. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

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

Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Способы описания систем многих частиц. Термодинамическое описание. Внутренние и внешние параметры. Уравнение состояния.
2. Понятие температуры. Абсолютная шкала температур. Абсолютный нуль. Давление.
3. Агрегатные состояния вещества. Идеальный газ (уравнение состояния идеального газа: вывод, пределы применимости). Закон Дальтона.
4. Идеальный газ во внешнем силовом поле. Барометрическая формула: вывод, частные случаи, условия применимости.
5. Работа (элементарная работа; работа при конечном процессе; геометрическая интерпретация; положительная и отрицательная работа; круговые процессы). Внешние параметры и обобщённые силы.
6. Адиабатическая оболочка. Внутренняя энергия. Количество тепла. Первый принцип термодинамики.
7. Теплоёмкость (теплоёмкость физической системы; удельная и молярная теплоёмкости; зависимость теплоёмкости от процесса; примеры).
8. Термодинамическое равновесие. Функции состояния термодинамической системы. Энтальпия (определение, физический смысл, примеры).
9. Термодинамические процессы. Квазистатические (обратимые) процессы. Адиабатическое расширение и сжатие (определение; общие соотношения для обратимого процесса; примеры).
10. Процесс Джоуля—Томсона. Закон Джоуля. Необратимые термодинамические процессы.
11. Второй принцип термодинамики (формулировка; физический смысл; примеры: тепловые двигатели с одним и двумя тепловыми резервуарами.). Следствия для термически однородных систем.
12. Обратимый круговой процесс. Идеальный цикл Карно (прямой и обращённый цикл Карно; второй принцип для обратимых круговых процессов).
13. Теорема Карно. Абсолютная термодинамическая шкала температур.
14. Энтропия (определение, физический смысл, примеры). Второй принцип для обратимых процессов. Равенство Клаузиуса.
15. Второй принцип для необратимых процессов. Неравенство Клаузиуса: вывод; физический смысл; следствия для адиабатических процессов.
16. Коэффициент полезного действия для необратимых круговых процессов (физические причины необратимости, примеры необратимых процессов).
17. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса (вывод; изотермы Ван-дер-Ваальса; внутренняя энергия и теплоёмкость газа Ван-дер-Ваальса).

18. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости (понятие устойчивости, метод исследования на устойчивость, примеры). Свободная энергия, термодинамический потенциал Гиббса (определение, примеры).

19. Термодинамическое и статистическое определения макропараметров физической системы. Эргодические системы.

20. Основные понятия теории вероятностей (событие, вероятность, статистический ансамбль; непрерывные случайные величины, плотность вероятности; сложение вероятностей; условная вероятность; независимые события; средние значения случайных величин; флуктуации).

21. Распределение молекул газа по скоростям (пространство скоростей, изображающая точка, статистическая постановка задачи, функция распределения); закон распределения скоростей Максвелла—Больцмана: математическая запись и физический смысл. Условия применимости максвелловского распределения.

22. Закон Максвелла—Больцмана: вывод; одномерное и трёхмерное распределения; распределение по модулю скорости; характерные скорости молекул.

23. Давление газа с точки зрения молекулярно-кинетической теории.

24. Молекулярно-кинетический смысл температуры. Принцип равномерного распределения энергии по степеням свободы и условия его применимости.

25. Теплоёмкость газов (классическая теория и пределы её применимости).

26. Теплоёмкость кристаллических твёрдых тел. Законы Дюлонга—Пти и Неймана—Реньо. Теория Дебая теплоёмкости кристаллических твёрдых тел.

27. Фотонный газ.

28. Вероятностный смысл энтропии. Молекулярно-кинетическая формулировка второго принципа. Статистический вес.

29. Микро- и макросостояния системы. Распределение Больцмана и условия его применимости.

30. Статистика Ферми—Дирака (фермионы; статистический вес; энтропия; распределение Ферми—Дирака; вырождение ферми-газа).

31. Статистика Бозе—Эйнштейна (бозоны; статистический вес; энтропия; распределение Бозе—Эйнштейна; бозе-конденсация).

32. Фазы, их классификация, возможные фазовые превращения, условия равновесия фаз.

33. Испарение и конденсация веществ, подчиняющихся уравнению Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла. Метастабильные состояния.

34. Испарение и конденсация в широком смысле. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса (вывод, физический смысл, примеры).

35. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Критическая точка.

36. Диаграммы состояний. Тройные точки. Равновесие многофазных систем. Правило фаз Гиббса.

37. Фазовые превращения второго рода (определение, физический смысл, примеры). Соотношения Эренфеста.

38. Природа поверхностного натяжения. Коэффициент поверхностного натяжения. Термодинамика поверхностного натяжения.

39. Смачиваемые и несмачиваемые поверхности. Краевой угол. Капиллярные явления. Закон Жюрена. Примеры.

40. Соотношение между давлением и кривизной поверхности. Формула Лапласа. Примеры.

41. Роль поверхностного натяжения при образовании новой фазы. Критический размер зародыша. Метастабильные состояния.

42. Камера Вильсона.

Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности компетенции 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):

Задача 1.1. Скорость звука при 0 °C составляет 332 м/с. Определить скорость звука в водороде при той же температуре. Относительную молекулярную массу воздуха принять равной 28,8.

Задача 1.2. Найти уравнение процесса для идеального газа, при котором теплоёмкость газа меняется с температурой по закону $C = \alpha T$, где α — постоянная.

Задача 1.3. Доказать соотношения Максвелла:

$$(\partial T/\partial V)_S = -(\partial P/\partial S)_V, \quad (\partial T/\partial P)_S = (\partial V/\partial S)_P,$$
$$(\partial S/\partial V)_T = (\partial P/\partial T)_V, \quad (\partial S/\partial P)_T = -(\partial V/\partial T)_P.$$

Задача 1.4. Теплоизолированный цилиндрический сосуд разделён поршнем пренебрежимо малой массы на две равные части. По одну сторону поршня находится идеальный газ с массой M, относительной молекулярной массой μ и молярными теплоёмкостями C_V и C_P, не зависящими от температуры. По другую сторону поршня создан вакуум. Начальные температура и давление газа T_0 и P_0. Поршень отпускают, и он, свободно двигаясь, даёт возможность газу заполнить весь объём цилиндра. После этого, постепенно увеличивая давление на поршень, медленно доводят объём газа до первоначальной величины. Найти изменения внутренней энергии и энтропии газа при таком процессе.

Задача 1.5. Какую максимальную работу можно получить из системы двух тел, нагретых до разных абсолютных температур T_{10} и T_{20} ($T_{10} > T_{20}$), если эти тела используются в качестве нагревателя и холодильника в тепловой машине? Теплоёмкости тел C_1 и C_2 считать не зависящими от температуры.

Задача 1.6. На какую величину ΔT температура воздуха внутри мыльного пузыря должна превышать температуру T окружающего воздуха, чтобы пузырь стал подниматься? Радиус пузыря r, поверхностное натяжение плёнки σ. Массой плёнки можно пренебречь. Учесть, что давление воздуха внутри пузыря мало отличается от атмосферного давления P.

Для оценки сформированности компетенции ОПК-3*:* способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач:

Задача 2.1. Через какое время насос откачает 2-литровый баллон с воздухом от давления $P_0 = 10^{-3}$ мм рт. ст. до давления $P = 10^{-5}$ мм рт. ст. Скорость откачки насоса $K = 1$ л/с. Процесс откачки считать изотермическим.

Задача 2.2. Допустим, что температура горения химического горючего для ракетных двигателей $T = 3000$ K, средняя относительная молекулярная масса продуктов горения $\mu = 30$, а истечение продуктов горения в вакуум происходит адиабатически.

Найти, во сколько раз стартовая масса M_0 одноступенчатой ракеты должна превышать её конечную массу M, чтобы ракета достигла первой космической скорости $v = 8$ км/с. Молярную теплоёмкость продуктов горения ориентировочно принять равной $C_P = 8$ кал/(моль × °С). При вычислении скорости ракеты силу тяжести и трение о воздух не учитывать.

Задача 2.3. Найти КПД цикла, проводимого с идеальным газом и состоящего из двух изотерм с температурами T_1, T_2 и двух изохор с объёмами V_1, V_2 ($T_1 > T_2$, $V_1 > V_2$).

Задача 2.4. Найти изменение температуры плавления льда при повышении давления на 1 атм. При 0 °С удельный объём воды $v_ж = 1$ см^3/г, удельный объём льда $v_л = 1{,}091$ см^3/г, удельная теплота плавления льда $q = 80$ кал/г.

Задача 2.5. Вертикально расположенный стеклянный капилляр длины l и радиуса r запаян с верхнего края. На какую высоту h поднимется вода в капилляре, если его нижний конец привести в соприкосновение с поверхностью воды.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся при реализации образовательных программ высшего образования в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 29.12.2017 г. №630-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Термодинамика и молекулярная физика»

а) основная литература:

1. Общий курс физики. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. [Электронный ресурс]: Учеб. пособие: Для вузов. / Сивухин Д. В. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106015.html

2. Матвеев А. Н. Молекулярная физика: 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1987. -360 с. -33 экз.

3. Леонтович М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика: учеб. пособие. М.: Наука, 1983. -416 с. – 46 экз.

4. Базаров И. П. Термодинамика. М.: Высшая школа, 1991. -344 с. -94 экз.

5. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика М.: Наука, 1972. -400 с. – 32 экз.

6. Иродов И. Е. Задачи по общей физике. М.: Лань, 2016. -416 с. . — Режим доступа: ЭБС «Лань» https://e.lanbook.com/book/71750

7. Сборник индивидуальных заданий по физике. Термодинамика и молекулярная физика. Часть 1 / Кочетов А. В., Миронов В. А. Нижний Новгород: ННГУ, 1995. 36 с. (Деканат ВШОПФ)-30 экз

8. Сборник индивидуальных заданий по физике. Термодинамика и молекулярная физика. Часть 2 / Кочетов А. В., Миронов В. А. Нижний Новгород: ННГУ, 1995. 34 с. (Деканат ВШОПФ)-30 экз

9. Сборник индивидуальных заданий по физике. Термодинамика и молекулярная физика. Часть 3 / Кочетов А. В., Миронов В. А. Нижний Новгород: ННГУ, 1996. 32 с. (Деканат ВШОПФ)-30 экз

б) дополнительная литература:

1. Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика: 2-е изд, испр. М., 1969. -399 с. -12 экз.

2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: учеб. пособие в 10 т. Т. 5. М.: Физматлиб, 2002. -616 с.-19 экз.

3. Берклеевский курс лекций: в 5 т. Т. 5. Статистическая физика. М.: Наука,1975. -351 с. -11 экз.

4. Сборник задач по общему курсу физики. Термодинамика и молекулярная физика / Под ред. Сивухина Д. В. М.: Наука, 1976. -207 с. -185 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/lectures.htm

2) ВИДЕОДЕМОНСТРАЦИИ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ И ГИДРОДИНАМИКЕ http://учебныефильмы.рф/VideoMol.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная физика».

Авторы _____ А. М. Фейгин

Рецензент _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии факультета «Высшая школа общей и прикладной физики»
от _____ года, протокол № _____.

Председатель методической комиссии _____ А.М. Фейгин