

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 _____ К.И. Рыбаков

« _____ » _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Статистическая физика и термодинамика

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

2016

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Статистическая физика и термодинамика» входит в модуль «Теоретическая физика», который относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП. Дисциплина является обязательной для освоения в шестом и седьмом семестрах третьего и четвертого года обучения в бакалавриате, соответственно.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов современного представления об основных методах статистического и термодинамического (феноменологического) описания свойств равновесных и неравновесных макроскопических систем, состоящих из большого числа частиц;
- освоение студентами методов теоретического расчета на примере простейших термодинамических систем;
- формирование у студентов в ходе лекционных, практических и семинарских занятий понимания неразрывной связи двух методов описания макроскопических систем – статистического и термодинамического;
- формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО 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-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (этап освоения – завершающий)	<i>З1 (ОПК-3) Знать</i> основы классической статистической физики равновесных систем; термодинамическое (феноменологическое) описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатистических процессов; свойства необратимых процессов приближения к термодинамическому равновесию; условия равновесия и устойчивости термодинамических систем; характеристики флуктуаций в равновесных системах; основы квантовой статистической физики. <i>У1 (ОПК-3) Уметь</i> пользоваться законами термодинамики и статистическими распределениями для расчета термодинамических параметров равновесных систем и их флуктуаций, для описания квазистационарных процессов в термодинамических системах. <i>В1 (ОПК-3) Владеть</i> навыками решения задач, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях.
ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (этап освоения – завершающий)	<i>У2(ПК-1) Уметь</i> использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин. <i>В2 (ПК-1) Владеть</i> навыками решения задач, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях.
ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (этап освоения – базовый)	<i>У3 (ПК-4) Уметь</i> применять полученные знания термодинамики и статистической физики при проведении научных исследований в избранной области <i>В3 (ПК-4) Владеть</i> статистическими методами описания макроскопических систем и использовать их при необходимости при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 7 зачетных единиц, всего 252 часа, из которых 132 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (64 часа занятия лекционного типа, 64 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 4 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов подготовка к экзамену, 84 часа 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				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Введение в термодинамику	12	4	4		8	4
Тема 2. Формализм термодинамики	12	4	4		8	4
Тема 3. Формализм статистической физики	14	4	4		8	6
Тема 4. Микроканоническое распределение	14	4	4		8	6
Тема 5. Распределение Гиббса	14	4	4		8	6
Тема 6. Квантовое распределение Гиббса	14	4	4		8	6
Тема 7. Тожественные частицы	14	4	4		8	6
Тема 8. Равновесное излучение	12	4	4		8	4
в т.ч.текущий контроль			4			
Промежуточная аттестация – Зачет					1	
Тема 9. Неидеальные газы	14	4	4		8	6
Тема 10. Равновесие фаз	14	4	4		8	6
Тема 11. Многокомпонентные системы	14	4	4		8	6
Тема 12. Твердое тело	14	4	4		8	6
Тема 13. Термодинамика диэлектриков и магнетиков	36	12	12		24	12
Тема 14. Теория флуктуаций	14	4	4		8	6
в т.ч.текущий контроль			4			
Промежуточная аттестация – Зачет					1	
Промежуточная аттестация – Экзамен					2	36

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семи-

нарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на зачетах и 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, а также в виде коллективных и индивидуальных консультаций. На занятиях лекционного типа используются мультимедийные средства поддержки образовательного процесса, часть занятий проводятся в виде лекций с проблемным изложением материала. На занятиях практического типа разбираются решения задач различной степени сложности, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. 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, приведенной 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 являются зачеты, проводимые по окончании каждого семестра, и 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.

Доказать справедливость следующих соотношений:

$$\text{a) } \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V, \quad \text{b) } \left(\frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = -T \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P ;$$

Задача 2

Цилиндр высотой H и площадью поперечного сечения σ разделен непроницаемым для газа поршнем на две части, каждая из которых заполнена одноатомным идеальным газом с числом атомов N . Массы атомов газа в обеих частях цилиндра одинаковы и равны m . Поршень имеет массу M и может свободно перемещаться вдоль образующей цилиндра. Цилиндр расположен вертикально в поле тяжести. Система находится в равновесии и имеет температуру T . Пренебрегая потенциальной энергией атомов газа в поле тяжести и полагая, что N – макроскопически большое число, определить:

- а) распределение вероятностей по высоте положения поршня h ;
- б) среднюю высоту поршня $\langle h \rangle$ и дисперсию ее отклонения от среднего значения;
- в) свободную энергию всей системы и ее отдельных частей (поршня и газа в верхней и нижней частях цилиндра);
- г) теплоемкость системы.

Задача 3

В классическом приближении определить уравнения состояния идеального газа N материальных точек, находящихся в потенциальном поле:

$$U = \sum_{k=1}^3 A_k x_k^{2\alpha_k}, \quad \alpha_k > 0. \quad \text{Найти теплоемкость такой системы.}$$

Задача 4

Определить температуру конденсации ультрарелятивистского идеального газа тождественных бозонов. Найти уравнения состояния, энтропию и свободную энергию этого газа при температуре ниже температуры конденсации.

Задача 5

Определить теплоемкость анизотропного пирозлектрического шара при фиксированной напряженности внешнего однородного поля, если его теплоемкость в отсутствии этого поля равна C_0 .

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

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«незачет»		«зачет»				
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> Знать основы классической статистической физики равновесных систем; термодинамическое (феноменологическое) описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатистических процессов; свойства необратимых процессов приближения к термодинамическому равновесию; условия равновесия и устойчивости термодинамических систем; характеристики флуктуаций в равновесных системах; основы квантовой статистической физики.	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 ошибки.	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u> Уметь пользоваться законами термодинамики и статистическими распределениями для расчета термодинамических параметров равновесных систем и их флуктуаций, для описания квазистационарных процессов в термодинамических системах.	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 объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u> Владеть навыками решения задач, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях.	Отсутствие владения материалом. 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы творческий подход к решению нестандартных задач

	щегося от ответа	ки.					
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«незачет»		«зачет»				
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Умения</u> Уметь использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	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 объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u> Владеть навыками решения задач, основываясь на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях и умениях.	Отсутствие владения материалом. 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-4: применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	«незачет»	«зачет»

<u>Умения</u> Уметь применять полученные знания термодинамики и статистической физики при проведении научных исследований в избранной области	Отсутствие умения применять полученные знания при решении стандартных задач (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам)	Продemonстрированы все основные умения. Решены стандартные задачи.
<u>Навыки</u> Владеть статистическими методами описания макроскопических систем и использовать их при необходимости при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований.	Отсутствие навыков решения стандартных задач	Продemonстрированы базовые навыки при решении типовых задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 50 %	50 – 100%

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 вопросы 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 предусматривает решение двух 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 общезначимых 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 общезначимых и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше

Очень хорошо	<p>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.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>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.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>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.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Неудовлетворительно	<p>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.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

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

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

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

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений 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) Математическая формулировка второго начала. Энтропия как термодинамический потенциал равновесной системы.
- 2) Термодинамические потенциалы в простых системах.
- 3) Экстенсивные и интенсивные параметры. Максимальный произвол в зависимости термодинамических потенциалов от своих аргументов.
- 4) Микроканоническое распределение и уравнения состояния.
- 5) Распределение вероятностей по энергиям подсистем, находящихся в тепловом контакте.
- 6) Распределение Гиббса в классической статистической физике.
- 7) Распределение вероятности по энергии системы в термостате.
- 8) Квантовое каноническое распределение.
- 9) Плотность квантовых состояний в квазиклассическом пределе.
- 10) Большое каноническое распределение.
- 11) Расширенное каноническое распределение.
- 12) Уравнения состояния идеального газа и условия их применимости.
- 13) Идеальный газ тождественных частиц. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна, расчет уравнений состояния.
- 14) Термодинамика фотонного газа.
- 15) Излучение черного тела (интенсивность излучения в единицу телесного угла).
- 16) Плотность свободной энергии в диэлектрической среде, выраженная через макроскопические поля
- 17) Свободная энергия диэлектрического тела в однородном внешнем поле.
- 18) Плотность свободной энергии в магнитной среде, выраженная через макроскопические поля.
- 19) Свободная энергия куска магнетика в однородном внешнем поле.

- 20) Независимо флуктуирующие термодинамические параметры в системах с фиксированным объемом.
- 21) Независимо флуктуирующие термодинамические параметры в системах с фиксированным числом частиц

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

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

Задача 1.1 Найти максимальную работу при полном снятии конечной механической неравновесности в термически равновесной системе с двумя объемами, содержащими одинаковое число молей одинакового идеального газа, теплоемкость которого не зависит от температуры. Тепловой контакт между подсистемами идеальный, полный объем системы должен вернуться после процесса к прежнему значению.

- а) случай адиабатической внешней оболочки;
- б) случай идеального теплового контакта с внешним термостатом.

Задача 1.2 Определить связь между химическим потенциалом и плотностью ультрарелятивистского идеального газа в условиях применимости распределения Больцмана для средних чисел заполнения. Найти при каких плотностях и температурах газа применимо приближение Больцмана.

Задача 1.3 Найти статистическую сумму для 3D осциллятора двух тождественных частиц для случаев, когда спин одной частицы равен $3/2$. Сравнить результат с квазиклассическим статистическим интегралом.

Для оценки сформированности компетенции ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин:

Задача 2.1 Показать, что для идеального газа, теплоемкость которого не зависит от температуры, химический потенциал может быть представлен в виде: $\mu = T \ln P - c_p T \ln T - \zeta T + \varepsilon_0$, где ζ и ε_0 – постоянные, которые необходимо выразить, через параметры функции Гамильтона

Задача 2.2 Определить теплоемкость идеального газа, состоящего из двухатомных молекул, если потенциальная энергия взаимодействия атомов в молекуле задается в виде: $U \propto \rho^2$, где ρ – расстояние между атомами.

Задача 2.3 Найти изменение ёмкости конденсатора, заполненного средой с диэлектрической проницаемостью ε_1 , при включении в неё шарообразных частиц с диэлектрической проницаемостью ε_2 , радиусом r и концентрацией n .

Для оценки сформированности компетенции ПК-4: способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин:

Задача 3.1 В рамках реалистической модели изотермического горения топлива (предполагая каждую компоненту идеальным газом с постоянной теплоемкостью) определить режим идеального выхлопа (итоговое расширение рабочей порции газа количество теплоты, переданное в термостат).

Задача 3.2 Определить теплоемкость нерелятивистского идеального газа, внутренние квантовые состояния молекул которого характеризуется энергетическим спектром: $E_{n,m} = \varepsilon \cdot m^2$, где квантовые числа $m = 0, 1, 2, \dots$. Считать, что температура газа $T \gg \varepsilon$, число молекул в системе равно N , а занимаемый газом объем равен V .

Задача 3.3 Определить температуру конденсации нерелятивистского идеального газа тождественных бозонов. Найти уравнения состояния, энтропию и свободную энергию этого газа при температуре ниже температуры конденсации.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Статистическая физика и термодинамика»

а) основная литература:

1) *Леонтович М.А.* Введение в термодинамику. Статистическая физика: [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М.: Наука, 1983. - 416 с. – 46 экз.

2) Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика [Электронный ресурс]: Учеб. пособ.: Для вузов. / Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. - 5-изд., стереот.- М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922100540.html>

3) Теоретическая физика. Том 9. Статистическая физика. Ч.2. Теория конденсированного состояния. [Электронный ресурс]: Учеб. пособ.: Для вузов. / Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. - 4-е изд., исправл. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102966.html>

4) *Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш.* Термодинамика, статистическая физика и кинетика: [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М.: Наука, 1972. - 400 с. – 32 экз.

б) дополнительная литература:

1) *Семенов В.Е., Дорожкина Д.С.* Лекции по термодинамике и статистической физике с примерами и задачами. Часть первая. Н.Новгород: ИПФ РАН, 2003. – 300 экз. (деканат ВШОПФ)

2) *Ансельм, А.И.* Основы статистической физики и термодинамики. — СПб. : Лань, 2007. — 448 с. — Режим доступа: ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/book/692>

3) Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории. [Электронный ресурс] / Кондратьев А.С., Райгородский П.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108768.html>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

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

2) Электронная библиотека Института космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера (ИКФИА)
<http://ikfia.ysn.ru/lektsii-i-obzory-dlya-studentov/9-uncategorised/766-stat-fizik.html>

3) В.П. Смирнов КУРС СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ. Конспект лекций - Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2010. - 102 с. Учебные издания Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики: http://books.ifmo.ru/book/613/kurs_statisticheskoy_fiziki_konspekt_lekciy.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 ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная физика».

Авторы	_____	Д.С. Дорожкина
	_____	В.А. Кукушкин
Рецензент	_____	В.А. Миронов

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

Председатель методической комиссии _____ А.М. Фейгин А.М.