

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Наумова Наталия Александровна

Должность: Ректор

Дата подписания: 10.06.2025 10:23:11

Уникальный программный код
6b5279da4e034bffa79172803da5b7590c39d2

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет
Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано
деканом физико-математического факультета
«19» марта 2025 г.

/Кулешова Ю.Д./

Рабочая программа дисциплины

Статистическая физика

Направление подготовки
03.03.02 Физика

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Согласовано учебно-методической комиссией
физико-математического факультета
Протокол «19» марта 2025 г. № 7
Председатель УМКом _____

/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой
фундаментальной физики и
нанотехнологии

Протокол от «11» марта 2025 г. № 11
Зав. кафедрой _____

/Холина С.А./

Москва
2025

Автор-составитель:
Камалов Тимур Фянович, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии

Рабочая программа дисциплины «Статистическая физика» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07.08.2020 г. № 891.

Дисциплина входит в модуль «Теоретическая физика» обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. Планируемые результаты обучения	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Объём и содержание дисциплины	4
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся	8
5. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.....	12
6. Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины	18
7. Методические указания по освоению дисциплины	19
8. Информационные технологии для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	19
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	19

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цели дисциплины «Статистическая физика»: ознакомление студентов с концептуальными основами дисциплины «Статистическая физика» как современной комплексной фундаментальной науки; формирование естественнонаучного мировоззрения на основе знания особенностей, основных принципов и закономерностей развития Вселенной; интеллектуальное развитие студентов через систему классических и современных естественнонаучных концепций.

Задачи дисциплины: ознакомить студентов с основными проблемами, закономерностями, историей и тенденциями развития статистической физики, в которых раскрываются фундаментальные научные проблемы современной науки; сформировать понимание принципов преемственности, соответствия и непрерывности в изучении природы; дать представление о революциях в физике и смене научных мировоззрений как ключевых этапах развития естествознания; сформировать понимание сущности фундаментальных законов природы, определяющих облик современного естествознания, к которым сводится множество законов физики; сформировать знания, необходимые для изучения смежных дисциплин; расширить кругозор, сформировать научное мышление и научное мировоззрение, основанное на синтезе естественнонаучных и гуманитарных концепций.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в модуль «Теоретическая физика» обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Основу для изучения дисциплины составляет программа по общему курсу физики, разделам теоретической физики: «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред», «Электродинамика», «Квантовая теория», «Физика конденсированного состояния».

Знание современных фундаментальных научных положений естествознания, его мировоззренческих и методологических выводов является необходимым элементом подготовки специалистов в любой области деятельности.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, дадут возможность студентам осваивать такие дисциплины учебного плана, как «Физическая кинетика» и «Введение в физику макромолекул и полимеров», на качественно более высоком уровне.

3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объём дисциплины

Показатель объёма дисциплины	Форма обучения очная
Объём дисциплины в зачётных единицах	3
Объём дисциплины в часах	108
Контактная работа:	66,3
Лекции	32
Практические занятия	32
из них, в форме практической подготовки	32
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	2,3

Экзамен	0,3
Предэкзаменационная консультация	2
Самостоятельная работа	32
Контроль	9,7

Формой промежуточной аттестации является экзамен в 7 семестре.

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) дисциплины с кратким содержанием	Количество часов		
	Лекции	Практические занятия	
		Общее кол-во	из них, в форме практической подготовки
Тема 1. Введение. Макросистемы. Статистический и термодинамический способы описания макросистемы. Равновесные и неравновесные системы Понятие макросистемы. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Статистическая матрица. Температура. Макроскопическое движение. Адиабатический процесс. Давление. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал. Соотношения между производными термодинамических величин. Термодинамическая шкала температур	2	2	2
Тема 2. Фазовое пространство. Квазиклассическое приближение Обобщённые координаты. Фазовый объем. Квазиклассическое приближение. Флуктуации	2	2	2
Тема 3. Теорема Лиувилля. Роль энергии в статистической физике Статистический ансамбль. Стационарное течение «газа» в 2s-мер-ном фазовом пространстве. Теорема Лиувилля. Роль энергии в статистической физике	2	2	2
Тема 4. Энтропия, её статистический смысл Распределение вероятностей по энергии. Квантовые состояния. Статистический вес. Связь статистического веса со средней энергией. Связь энтропии со статистическим весом. Связь энтропии с функцией распределения. Закон возрастания энтропии и его физическая интерпретация	2	2	2
Тема 5. Распределение Гиббса. Температура, её свойства Микроканоническое распределение. Каноническое распределение. Распределение Максвелла. Свободная энергия в распределении Гиббса. Температура, её свойства. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса	3	3	3

Тема 6. Условия равновесия макросистемы во внешнем поле. Идеальный газ. Распределение Больцмана Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Неравновесный идеальный газ. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Распределение средней энергии идеального газа по степеням свободы. Внутренняя энергия.	3	3	3
Тема 7. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (классический случай). Зависимость термодинамических величин от числа частиц Зависимость функции распределения от числа частиц. Зависимость термодинамического потенциала от числа частиц и энергии. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Статистическая сумма и статистический интеграл	3	3	3
Тема 8. Основные положения квантовой статистики. Принцип Паули Основные положения квантовой статистики. Вычисление статистической суммы макросистемы в квантовой статистике. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (квантовый случай). Принцип Паули. Его применение в квантовой статистике	3	3	3
Тема 9. Распределение Ферми. Вырожденный электронный газ. Распределение Бозе Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные Ферми- и Бозе-газы. Вырожденный электронный газ. Теплоёмкость вырожденного электронного газа. Релятивистский вырожденный электронный газ	3	3	3
Тема 10. Чёрное излучение. Формула Планка. Формула Рэлея –Джинса Ферми- и Бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный Бозе-газ. Чёрное излучение. Термодинамические величины чёрного излучения. Формула Планка. Формула Рэлея-Джинса	3	3	3
Тема 11. Теория идеальных и неидеальных систем Идеальный газ. Отклонение газов от идеальности. Полностью ионизированный газ. Метод корреляционных функций. Квантовомеханическое вычисление вириального коэффициента. Вырожденный «почти идеальный» Бозе-газ. Вырожденный «почти идеальный» Ферми-газ	3	3	3

Тема 12. Теория флуктуаций Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Формула Пуассона. Флуктуации в растворах. Корреляция флуктуаций. Флуктуации в критической точке. Корреляция флуктуаций в идеальном газе. Корреляция флуктуаций во времени	3	3	3
ИТОГО:	32	32	32

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Тема	Задание на практическую подготовку	количество часов
Тема 1. Введение. Макросистемы. Статистический и термодинамический способы описания макросистемы. Равновесные и неравновесные системы	Понятие макросистемы. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Статистическая матрица. Температура. Макроскопическое движение. Адиабатический процесс. Давление. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал. Соотношения между производными термодинамических величин. Термодинамическая шкала температур	2
Тема 2. Фазовое пространство. Квазиклассическое приближение	Обобщённые координаты. Фазовый объём. Квазиклассическое приближение. Флуктуации	2
Тема 3. Теорема Лиувилля. Роль энергии в статистической физике	Статистический ансамбль. Стационарное течение «газа» в 2s-мерном фазовом пространстве. Теорема Лиувилля. Роль энергии в статистической физике	2
Тема 4. Энтропия, её статистический смысл	Распределение вероятностей по энергии. Квантовые состояния. Статистический вес. Связь статистического веса со средней энергией. Связь энтропии со статистическим весом. Связь энтропии с функцией распределения. Закон возрастания энтропии и его физическая интерпретация	2
Тема 5. Распределение Гиббса. Температура, её свойства	Микроканоническое распределение. Каноническое распределение. Распределение Максвелла. Свободная энергия в распределении Гиббса. Температура, её свойства. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса	3
Тема 6. Условия равновесия макросистемы во внешнем поле. Идеальный газ. Распределение Больцмана	Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Неравновесный идеальный газ. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Распределение средней энергии идеального газа по степеням свободы. Внутренняя энергия.	3

Тема 7. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (классический случай). Зависимость термодинамических величин от числа частиц	Зависимость функции распределения от числа частиц. Зависимость термодинамического потенциала от числа частиц и энергии. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Статистическая сумма и статистический интеграл	3
Тема 8. Основные положения квантовой статистики. Принцип Паули	Основные положения квантовой статистики. Вычисление статистической суммы макросистемы в квантовой статистике. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (квантовый случай). Принцип Паули. Его применение в квантовой статистике	3
Тема 9. Распределение Ферми. Вырожденный электронный газ. Распределение Бозе	Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные Ферми- и Бозе-газы. Вырожденный электронный газ. Теплоёмкость вырожденного электронного газа. Релятивистский вырожденный электронный газ	3
Тема 10. Чёрное излучение. Формула Планка. Формула Рэлея –Джинса	Ферми- и Бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный Бозе-газ. Чёрное излучение. Термодинамические величины чёрного излучения. Формула Планка. Формула Рэлея-Джинса	3
Тема 11. Теория идеальных и неидеальных систем	Идеальный газ. Отклонение газов от идеальности. Полностью ионизированный газ. Метод корреляционных функций. Квантовомеханическое вычисление вириального коэффициента. Вырожденный «почти идеальный» Бозе-газ. Вырожденный «почти идеальный» Ферми-газ	3
Тема 12. Теория флуктуаций	Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Формула Пуассона. Флуктуации в растворах. Корреляция флуктуаций. Флуктуации в критической точке. Корреляция флуктуаций в идеальном газе. Корреляция флуктуаций во времени	3

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Количество часов	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчетности
Макросистемы. Статистический и термоди-	Статистическое распределение. Статистическая независимость. Статистиче-	2	Работа с литературой и интерне-	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. 2010.	Конспект, решён-

намический способы описания макросисте- мы. Равно- весные и неравновес- ные системы	ская матрица. Тем- пература. Макро- скопическое движе- ние		том, кон- сульта- ции	И.Ф. Щеголев. Эле- менты статистической механики, термоди- намики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статисти- ческой физике. 2012. Физический энцик- лопедический сло- варь	ные задачи
Фазовое простран- ство. Ква- зиклассиче- ское при- ближение	Фазовый объем. Квазиклассическое приближение. Флуктуации	2	Работа с литера- турой и интерне- том, кон- сульта- ции	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статисти- ческая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Эле- менты статистической механики, термоди- намики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статисти- ческой физике. 2012. Физический энцик- лопедический сло- варь	Кон- спект, решён- ные задачи
Теорема Ли- увилля. Роль энергии в статистиче- ской физике	Статистический ан- самбль. Стационар- ное течение «газа» в 2s-мерном фазовом пространстве. Тео- рема Лиувилля	2	Работа с литера- турой и интерне- том, кон- сульта- ции	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статисти- ческая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Эле- менты статистической механики, термоди- намики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистиче- ской физике. 2012. Физический энцик- лопедический сло- варь. Х. Киракосян. Структурная физика. 2011.	Кон- спект, решён- ные задачи
Энтропия, её статистиче- ский смысл.	Энтропия и термо- динамическая веро- ятность. Связь эн- тропии со статисти- ческим весом. Связь энтропии с функци-	4	Работа с литера- турой и интерне- том, кон- сульта-	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статисти- ческая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Эле- менты статистической	Кон- спект, решён- ные задачи

	ей распределения. Закон возрастания энтропии и его физическая интерпретация		ции	механики, термодинамики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистической физике. 2012. Физический энциклопедический словарь	
Распределение Гиббса. Температура, её свойства	Распределение Максвелла. Свободная энергия в распределении Гиббса. Температура, её свойства. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса	4	Работа с литературой и интернетом, консультации	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистической физике. 2012. Физический энциклопедический словарь	Конспект, решённые задачи
Условия равновесия макросистемы во внешнем поле. Идеальный газ. Распределение Больцмана	Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Неравновесный идеальный газ. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Распределение средней энергии идеального газа по степеням свободы. Внутренняя энергия	4	Работа с литературой и интернетом, консультации	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистической физике. 2012. Физический энциклопедический словарь	Конспект, решённые задачи
Распределение Гиббса с переменным числом частиц (классический случай). Зависимость термодинамических величин от числа частиц	Зависимость функции распределения от числа частиц. Зависимость термодинамического потенциала от числа частиц и энергии. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Статистическая сумма и статистический ин-	4	Работа с литературой и интернетом, консультации	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистической физике. 2012.	Конспект, решённые задачи

	теграл			Физический энциклопедический словарь	
Основные положения квантовой статистики. Принцип Паули	Основные положения квантовой статистики. Вычисление статистической суммы макросистемы в квантовой статистике. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (квантовый случай)	2	Работа с литературой и интернетом, консультации	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистической физике. 2012. Физический энциклопедический словарь. А.К. Дадиванян, Д.Н. Чаусов. Ближний ориентационный порядок в растворах полимеров. 2012.	Конспект, решённые задачи
Распределение Ферми. Выврожденный электронный газ. Распределение Бозе	Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные Ферми- и Бозе-газы. Выврожденный электронный газ. Теплоёмкость вырожденного электронного газа. Релятивистский вырожденный электронный газ	2	Работа с литературой и интернетом, консультации	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистической физике. 2012. Физический энциклопедический словарь	Конспект, решённые задачи
Чёрное излучение. Формула Планка. Формула Рэлея – Джинса	Ферми- и Бозе-газы элементарных частиц. Выврожденный Бозе-газ. Чёрное излучение. Термодинамические величины чёрного излучения. Формула Планка. Формула Рэлея-Джинса	2	Работа с литературой и интернетом, консультации	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2008. Физический энциклопедический словарь	Конспект, решённые задачи
Теория идеальных и	Идеальный газ. Отклонение газов от	2	Работа с литературой	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статисти-	Конспект,

неидеальных систем	идеальности Квантовомеханическое вычисление вириального коэффициента. Вырожденный «почти идеальный» Бозе-газ. Вырожденный «почти идеальный» Ферми-газ		турой и интернетом, консультации	ческая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистической физике. 2012. Физический энциклопедический словарь. А.К. Дадиванян, Д.Н. Чаусов. Ближний ориентационный порядок в растворах полимеров. 2012.	решённые задачи
Теория флуктуаций	Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Флуктуации в растворах. Корреляция флуктуаций в идеальном газе. Корреляция флуктуаций во времени	2	Работа с литературой и интернетом, консультации	Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. 2010. И.Ф. Щеголев. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. 2008. А.Н. Голов. Сборник задач по статистической физике. 2012. Физический энциклопедический словарь	Конспект, решённые задачи
итого		32			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые	Уровень сформированности	Этапы формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
-------------	--------------------------	--------------------	----------------------	---------------------	------------------

компетенции	сти				
ОПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов физики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.	доклад, решение задач, домашнее задание	Шкала оценивания доклада, шкала оценивания решения задач, шкала оценивания домашних заданий
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать: основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. Уметь: грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов физики, создавать модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей. Владеть: методами использования в профессиональной деятельности базовых знаний фундаментальных разделов физики для создания моделей типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов с учетом границ применимости моделей.	доклад, решение задач, домашнее задание, практическая подготовка	Шкала оценивания доклада, шкала оценивания решения задач, шкала оценивания домашних заданий, шкала оценивания практической подготовки

Шкала и критерии оценивания написания доклада

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отобразил в докладе 71-90% выбранной темы.	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отобразил в докладе 51-70% выбранной темы	5-7
Удовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 31-50% выбранной темы	2-4

Неудовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 0-30% выбранной темы	0-1
----------------------	---	-----

Шкала и критерии оценивания решения задач

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент решил 71-90% от всех задач	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент решил 51-70% от всех задач	5-7
Удовлетворительный	Если студент решил 31-50% от всех задач	2-4
Неудовлетворительный	Если студент решил 0-30% от всех задач	0-1

Шкала и критерии оценивания домашних работ

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент решил 71-90% от всех домашних работ	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент решил 51-70% от всех домашних работ	5-7
Удовлетворительный	Если студент решил 31-50% от всех домашних работ	2-4
Неудовлетворительный	Если студент решил 0-30% от всех домашних работ	0-1

Шкала оценивания практической подготовки

Критерии оценивания	Баллы
высокая активность на практической подготовке, выполнен(ы) задачи / контрольные работы / отработан алгоритм решения задач по каждой теме	5
средняя активность на практической подготовке, выполнен(ы) задачи / контрольные работы / не полностью отработан алгоритм решения задач по каждой теме	2
низкая активность на практической подготовке, задачи / контрольные работы / не отработан алгоритм решения задач по каждой теме.	0

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примеры домашних заданий

1. Частица массы $m = 1$ движется в потенциале $V(x) = x^4 - x^2$. Найти точки равновесия системы ($\dot{p} = \dot{x} = 0$) и исследовать вид фазовых траекторий в окрестности этих точек. Изобразить графически потенциал и фазовые траектории системы.

2. Две одинаковые частицы совершают одномерное движение в «ящике» длиной L , испытывая абсолютно упругие соударения друг с другом и со стенками. Пусть в начальный момент времени частицы расположены у противоположных стенок, а скорости их v_1 и v_2 направлены навстречу друг другу. Нарисовать фазовую траекторию одной из частиц для нескольких значений отношения v_1/v_2 (1;2;3;...).

3. Для частицы с массой m , двигающейся в кубе с ребром L , испытывая упругие соударения на стенках, найти число квантово-механических состояний с энергиями, меньшими E , и сравнить его с соответствующим объёмом фазового пространства. Показать,

что последний является адиабатическим инвариантом, т.е. не меняется при медленном расширении или сжатии куба.

4. Какова вероятность того, что при случайном измерении положения частицы, совершающей гармонические колебания по закону $x = x_0 \cdot \cos(\omega t)$, положение частицы окажется в интервале $(x, x + dx)$? Вычислить $\langle x^2 \rangle$.

5. В каждом из N_0 узлов решётки может находиться либо 0, либо 1 атом. Пусть N атомов случайно распределены по узлам. Найти число расположений $g(N_0, N)$ атомов по узлам, вероятность $p(R, n)$ того, что в R узлах решётки адсорбировано n атомов, среднее значение $\langle n \rangle$ и среднее значение $\langle (\Delta n)^2 \rangle$, где $\Delta n = n - \langle n \rangle$. Убедиться, что при n малых $p(R, n)$ переходит в распределение Пуассона.

6. Частица, находящаяся в исходный момент в начале координат, делает в следующий момент скачок на единицу либо вправо, либо влево с одинаковой вероятностью. Определить вероятность $p_n(l)$ того, что через n шагов частица окажется в точке l одномерной решётки. Рассмотреть предельный случай больших n . Полагая средний интервал времени между скачками равным t_0 , переписать результат в виде вероятности попадания частицы в точку x через время $t = nt_0$. Обобщить результаты на случай блуждания по двумерной квадратной и трёхмерной кубической решёткам.

7. Полимерная цепочка состоит из N элементов длины ρ , каждый из которых может быть с одинаковой вероятностью направлен вправо или влево, так что два соседних элемента представляются либо так: $\rightarrow\rightarrow$, либо так: $\leftrightarrow$. Найти вероятность того, что длина полимера (расстояние по прямой от хвоста первого элемента до вершины N -го элемента) равна $l\rho$. Найти среднюю длину полимера.

8. Пусть $g = CE^N$, где C – константа. Найти энергию как функцию температуры.

9. Найти энтропию системы N линейных осцилляторов с частотой ω , температуру как функцию энергии, а также энергию, энтропию и химический потенциал как функцию температуры. Нарисовать соответствующие графики.

10. Большая статсумма системы известна как функция τ , V , μ . Найти среднюю энергию и среднее число частиц в системе.

Примеры вариантов решения задач

Вариант 1

- Чему равно число степеней свободы N невзаимодействующих частиц?
 - N
 - $3N$
 - $3(N - 1)$
- Чему равно число обобщённых импульсов твёрдого тела, состоящего из N частиц?
 - 3
 - 6
 - $3N$
- Каким числом переменных характеризуется точка фазового пространства системы из N микрочастиц?
 - $2N$
 - $3N$
 - $6N$
- Найти площадь, охватываемую фазовой траекторией, в случае гармонического осциллятора массы m , колеблющегося с частотой ω и амплитудой A .
 - $\pi\omega mA^2$
 - $\frac{1}{2}\pi\omega mA^2$
 - $\pi\omega^2 mA^2$
- Чему равна площадь между соседними фазовыми траекториями при движении частицы массы m в потенциальном ящике со стороной a ?
 - mh
 - h
 - mh/a
- Чему равен объем фазовой ячейки для 12-мерного фазового пространства?

- а) h б) h^6 в) h^{12}

7. Чему равно число состояний системы, состоящей из двух независимых подсистем с числами состояний Φ_1 и Φ_2 соответственно?

- а) $\Phi_1 + \Phi_2$ б) $\Phi_1 \Phi_2$ в) $(\Phi_1 + \Phi_2)^2$

8. Как зависит квадратичная флуктуация от числа частиц системы N ?

- а) $\sim N$ б) $\sim N^2$ в) $\sim N^S$

Вариант 2

1. Как зависит относительная флуктуация от числа частиц системы N ?

- а) $\sim N$ б) $\sim N^{-S}$ в) $\sim N^S$

2. Как связана энтропия системы S со статистическими весами подсистем $\Delta\Phi_i$, входящих в систему?

- а) $S = \sum_i \ln \Delta\Phi_i$ б) $S = \prod_i \ln \Delta\Phi_i$ в) $S = \frac{\sum_i \ln \Delta\Phi_i}{\prod_i \ln \Delta\Phi_i}$

3. Чему равно среднее расстояние между уровнями подсистемы?

- а) $e^{-S(\bar{E})}$ б) $\Delta E e^{S(\bar{E})}$ в) $\Delta E e^{-S(\bar{E})}$

4. Как зависит функция распределения от температуры T в случае микроканонического распределения?

- а) $\sim T$ б) $\sim \exp(-T)$ в) не зависит от T

5. Как зависит функция распределения от энергии E и температуры T в случае распределения Гиббса?

- а) $\sim \exp(-E / k_B T)$ б) $\sim \exp(E / k_B T)$ в) $\sim \exp(-k_B T / E)$

6. Как зависит функция распределения $c(v)$ от абсолютного значения скорости v в случае распределения Максвелла? (T – температура, m_0 – масса молекулы)

- а) $c(v) \sim \exp(-m_0 v^2 / 2k_B T)$ б) $c(v) \sim v \exp(-m_0 v^2 / 2k_B T)$
в) $c(v) \sim v^2 \exp(-m_0 v^2 / 2k_B T)$

7. Чему равно среднее значение кинетической энергии поступательного движения молекулы для системы, состоящей из N молекул, при температуре T ?

- а) $3 k_B T / 2$ б) $3 N k_B T / 2$ в) $k_B T / 2$

8. В статистике Бозе – Эйнштейна химический потенциал

- а) больше нуля б) меньше нуля в) равен нулю

Примерные темы докладов

1. Бозе – Эйнштейновская конденсация.
2. Смешанные состояния и матрица плотности.
3. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау.
4. Растворы сильных электролитов.
5. Теплоёмкость вырожденного электронного газа.
6. Теплоёмкость твёрдых тел при низких температурах.

7. Вириальное разложение термодинамических потенциалов.
8. Термодинамика классической плазмы.

Задание на практическую подготовку

1. Выполнение измерений на лабораторном оборудовании.
2. Выступление с докладом по исследуемой тематике.
3. Участие в экспериментальной работе совместно с сотрудниками лабораторий.

Примерные вопросы для экзамена

1. Макросистемы. Статистический и термодинамический способы описания макросистемы.
2. Термодинамические параметры. Равновесные и неравновесные системы.
3. Фазовое пространство. Квазиклассическое приближение.
4. Нормировка и средние значения в статистической физике. Флуктуации.
5. Теорема Лиувилля.
6. Энтропия, её статистический смысл.
7. Закон возрастания энтропии и его физическая интерпретация.
8. Распределение Гиббса.
9. Распределение Максвелла как следствие распределения Гиббса.
10. Распределение Больцмана.
11. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (классический случай).
12. Статистическая сумма и статистический интеграл.
13. Основные положения квантовой статистики.
14. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (квантовый случай).
15. Принцип Паули. Его применение в квантовой статистике.
16. Распределение Ферми.
17. Распределение Бозе.
18. Чёрное излучение. Формула Планка. Формула Рэлея-Джинса
19. Закон Кирхгофа.
20. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.

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

Сопоставимость рейтинговых показателей студента по разным дисциплинам и Балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний студентов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов – это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной программы.

Максимальный результат, который может быть достигнут студентом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

Шкала соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам:
100 – 81 баллов – «отлично» (5); 80 – 61 баллов – «хорошо» (4); 60 – 41 баллов – «удовлетворительно» (3); до 40 баллов – «неудовлетворительно».

Ответ обучающегося на экзамене оценивается в баллах с учетом шкалы соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам.

В зачётно-экзаменационную ведомость и зачётную книжку выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении студентом на экзамене неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (<40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) студента.

Критерии оценки знаний студентов в рамках каждой учебной дисциплины или групп дисциплин вырабатываются преподавателями согласованно на кафедрах Университета исходя из требований образовательных стандартов.

Шкала оценивания экзамена

Критерии оценивания	Баллы
Полные и точные ответы на два вопроса экзаменационного билета. Свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче экзамена.	21-30
Полные и точные ответы на два вопроса экзаменационного билета. Знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче экзамена.	15-20
Полный и точный ответ на один вопрос экзаменационного билета. Удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов.	8-14
Полный и точный ответ на один вопрос экзаменационного билета и менее.	0-7

Итоговая шкала выставления оценки по дисциплине.

Оценка по 5-балльной системе	Оценка по 100-балльной системе
Отлично	81 – 100
Хорошо	61 – 80
Удовлетворительно	41 – 60
Неудовлетворительно	0 – 40

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики : учебное пособие. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210215>

2. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 3: термодинамика, статистическая физика, строение вещества : учебник для вузов / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. — 2-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — 369 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/532034>

3. Ефремов, Ю. С. Статистическая физика и термодинамика : учебное пособие для вузов . — 2-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — 209 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/514993>

6.2. Дополнительная литература

1. Арнольд, З. Термодинамика и статистическая физика. — Москва : Институт компьютерных исследований, 2019. — 480 с. — Текст : электронный . — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92115.html>

2. Байков, В. И. Теплофизика. Термодинамика и статистическая физика : учебное пособие / В. И. Байков, Н. В. Павлюкевич. — Минск : Выш. школа, 2018. — 448 с.. — Текст : электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90839.html>

3. Березин, Ф. А. Лекции по статистической физике. — 2-е изд. — Москва: Институт компьютерных исследований, 2019. — 192 с. — Текст : электронный. — URL:

<https://www.iprbookshop.ru/91949.html>

4. Голов, А.Н. Сборник задач по статистической физике : (с крат.теорией и решениями) : учеб.пособие для физ.-мат.фак. / А. Н. Голов, Ю. И. Яламов. - М. : МГОУ, 2012. - 150с. – Текст: непосредственный

5. Московский, С. Б. Курс статистической физики и термодинамики : учебник. — Москва : Академический Проект, 2020. — 320 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133213>

6. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов . — Москва : Юрайт, 2022. — 415 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/489259>

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. http://mgou.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=48&Itemid=614

2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows

Microsoft Office

Kaspersky Endpoint Security

Информационные справочные системы:

Система ГАРАНТ

Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных

fgosvo.ru – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования

pravo.gov.ru - Официальный интернет-портал правовой информации

www.edu.ru – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)

7-zip

Google Chrome

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;

- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.