

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине «Статистическая физика»

Специальность
«14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

Основная профессиональная образовательная программа
«Системы контроля и управления атомных станций»

Квалификация выпускника
Инженер-физик

Форма обучения
Очная

Балаково

Цель освоения дисциплины:

- формирование навыков и приемов научного метода познания;
- дать знания в области квантовой и классической статистической физики и навыки, позволяющие понять адекватность модели физическому явлению.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование научного мировоззрения и современного физического мышления;
- формирование умения выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей специальности.

Место дисциплины в структуре ООП ВО

Для освоения данной дисциплины требуется знание математики, разделов общей физики: механики, молекулярной физики и основ статистической термодинамики, электричество и магнетизм, волны и оптика, а также, атомной физики и химии.

Знания, полученные при изучении дисциплины, помогут студентам в научно-исследовательской работе и дипломном проектировании, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

универсальные

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.	З-УК-1 Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и	З -УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. У- УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать

	экспериментального исследования в поставленных задачах	<p> типовые расчетные задачи.</p> <p>В-УКЕ-1 Владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами.</p>
УКЦ-3	Способен ставить себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, подбирать способы решения и средства развития (в том числе с использованием цифровых средств) других необходимых компетенций	<p>3-УКЦ-3 Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем, основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни с использованием цифровых средств</p> <p>У-УКЦ-3 Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время, использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения в течение всей жизни с использованием цифровых средств</p> <p>В-УКЦ-3 Владеть: методами управления собственным временем, технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни с использованием цифровых средств</p>

Общепрофессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	<p>3-ОПК-1 Знать: базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>У-ОПК-1 Уметь: выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>В-ОПК-1 Владеть: математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общезначимых законов и принципов</p>

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональ ное и трудовое воспитание	- формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности (В16)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования инженерного мышления и инженерной культуры за счёт практических студенческих исследований современных производственных систем; проектной деятельности студентов по разработке и оптимизации технологических систем, связанной с решением реальных производственных задач; прохождения через разнообразные игровые, творческие, фестивальные формы, требующие анализа сложного объекта, постановки относительно него преобразовательных задач для их оптимального решения.	1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 6-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 ак. часа.

Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (час.)					Аттеста ция раздела (форма)	Максималь ный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Фазовое пространство и статистические распределения							
1	1.1	Понятие о фазовом пространстве	12	4	-	2	6	Т1	30
	1.2	Распределение Гиббса	12	4	-	2	6		

	1.3	Распределение Ферми и Бозе	12	4	-	2	6		
	1.4	Термодинамические потенциалы	12	4	-	2	6		
		Газ, твердые тела и растворы							
2	2.2	Идеальный газ	12	4	-	2	6	T2	30
	2.3	Неидеальные газы	12	4	-	2	6		
	2.4	Фазовые переходы второго рода и критические явления	12	4	-	2	6		
	2.5	Твердые тела	12	2	-	1	9		
	2.6	Растворы	12	2	-	1	9		
		Итого за семестр	108/16	32	-	16/16	60		60
		Зачет							40
		Итого							100

* - сокращенное наименование формы контроля

** - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
T	Тестирование
З	Зачет

Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<u>Понятие о фазовом пространстве</u> Предмет статистической физики. Основные определения. Фазовое пространство. Изображение системы в фазовом пространстве. Функция распределения.	4	1-11
<u>Распределение Гиббса</u> Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Распределение вероятностей для осциллятора. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.	4	
<u>Распределение Ферми и Бозе</u> Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные ферми- и бозе-газы. Ферми- и бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа.	4	
<u>Термодинамические потенциалы</u> Первое и второе начала термодинамики. Термодинамический потенциал. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал Гиббса. Энтальпия. Химический потенциал. Соотношения	4	

между термодинамическими величинами.		
<u>Идеальный газ</u> Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Столкновения молекул. Неравновесный идеальный газ. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.	4	1-11
<u>Неидеальные газы</u> Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности. Формула Ван-дер-Ваальса. Термодинамические величины классической плазмы. Термодинамические величины вырожденной плазмы.	4	
<u>Фазовые переходы второго рода и критические явления</u> Условия равновесия фаз. Формула Клайперона-Клазиуса. Критическая точка. Закон соответственных состояний. Фазовые переходы второго рода. Скачок теплоемкости. Влияние внешнего поля на фазовый переход. Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода. Флуктуации параметра порядка. Эффективный гамильтониан. Критические индексы. Фазовый переход второго рода в двумерной решетке.	4	
<u>Твердые тела</u> Твердые тела при низких температурах. Твердые тела при высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Сильно анизотропные кристаллы. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Операторы рождения и уничтожения фононов. Отрицательные температуры.	2	
<u>Растворы</u> Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Осмотическое давление. Соприкосновение фаз растворителя. Равновесие по отношению к растворенному веществу. Выделение тепла и изменение объема при растворении. Растворы сильных электролитов. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов.	2	
Итого	32	

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<u>Понятие о фазовом пространстве</u> Предмет статистической физики. Основные определения. Фазовое пространство. Изображение системы в фазовом пространстве. Функция распределения.	2	1-11

<u>Распределение Гиббса</u> Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Распределение вероятностей для осциллятора. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.	2	
<u>Распределение Ферми и Бозе</u> Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные ферми- и Бозе газы. Ферми- и Бозе газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа.	2	
<u>Термодинамические потенциалы</u> Первое и второе начала термодинамики. Термодинамический потенциал. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал Гиббса. Энтальпия. Химический потенциал. Соотношения между термодинамическими величинами.	2	
<u>Идеальный газ</u> Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Столкновения молекул. Неравновесный идеальный газ. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.	2	
<u>Неидеальные газы</u> Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности. Формула Ван-дер-Ваальса. Термодинамические величины классической плазмы. Термодинамические величины вырожденной плазмы.	2	
<u>Фазовые переходы второго рода и критические явления</u> Условия равновесия фаз. Формула Клайперона - Клазиуса. Критическая точка. Закон соответственных состояний. Фазовые переходы второго рода. Скачок теплоемкости. Влияние внешнего поля на фазовый переход. Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода. Флуктуации параметра порядка. Эффективный гамильтониан. Критические индексы. Фазовый переход второго рода в двумерной решетке.	2	
<u>Твердые тела</u> Твердые тела при низких температурах. Твердые тела при высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Сильно анизотропные кристаллы. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Операторы рождения и уничтожения фононов. Отрицательные температуры.	1	
<u>Растворы</u> Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Осмотическое давление. Соприкосновение фаз растворителя. Равновесие по отношению к растворенному веществу. Выделение тепла и изменение объема при растворении. Растворы сильных электролитов. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов.	1	1-11
Итого	16	

Перечень лабораторных работ - не предусмотрен учебным планом

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<u>Понятие о фазовом пространстве</u> Предмет статистической физики. Основные определения. Фазовое пространство. Изображение системы в фазовом пространстве. Функция распределения.	6	1-11
<u>Распределение Гиббса</u> Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Распределение вероятностей для осциллятора. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.	6	
<u>Распределение Ферми и Бозе</u> Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные ферми- и Бозе газы. Ферми- и Бозе газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа.	6	
<u>Термодинамические потенциалы</u> Первое и второе начала термодинамики. Термодинамический потенциал. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал Гиббса. Энтальпия. Химический потенциал. Соотношения между термодинамическими величинами.	6	
<u>Идеальный газ</u> Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Столкновения молекул. Неравновесный идеальный газ. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.	6	
<u>Неидеальные газы</u> Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности. Формула Ван-дер-Ваальса. Термодинамические величины классической плазмы. Термодинамические величины вырожденной плазмы.	6	1-11
<u>Фазовые переходы второго рода и критические явления</u> Условия равновесия фаз. Формула Клайперона-Клазиуса. Критическая точка. Закон соответственных состояний. Фазовые переходы второго рода. Скачок теплоемкости. Влияние внешнего поля на фазовый переход. Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода. Флуктуации параметра порядка. Эффективный гамильтониан. Критические индексы. Фазовый переход 0-го рода в двумерной решетке.	6	

<u>Твердые тела</u> Твердые тела при низких температурах. Твердые тела при высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Сильно анизотропные кристаллы. Колебания кристаллической решетки. Фононы. Операторы рождения и уничтожения фононов. Отрицательные температуры.	9	
<u>Растворы</u> Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Осмотическое давление. Соприкосновение фаз растворителя. Равновесие по отношению к растворенному веществу. Выделение тепла и изменение объема при растворении. Растворы сильных электролитов. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов.	9	
Итого	60	

Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом

Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

В соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ по специальности 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий:

- 1) разбор конкретных ситуаций при решении задач по контрольным заданиям;
- 2) разбор конкретных ситуаций при проведении лекционных занятий, в том числе в форме коллоквиумов;
- 3) внеаудиторную работу в рамках текущих внеаудиторных консультаций с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках учебных курсов могут быть предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, университетов, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, соответствует рабочему учебному плану: 20 часов – лекционные занятия (по 10 часов в 1-м и 2-м семестрах), 24 часа – практические и лабораторные занятия (по 12 часов в 1-м и 2-м семестрах).

Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Контролируемые разделы (темы), модули дисциплины	Код контролируемых компетенций (или их частей)	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (письменно/устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Основы Электростатики. Электрический ток.	ОПК-1; УК-1; УКЕ-1; УКЦ-3	Тест – 1, письменно
3	Магнитостатика в вакууме и в веществе. Уравнения Максвелла. Квазистационарные токи.	ОПК-1; УК-1; УКЕ-1; УКЦ-3	Тест – 2, письменно
Промежуточная аттестация			
1	Зачет	ОПК-1; УК-1; УКЕ-1; УКЦ-3	Вопросы к зачету (устно)

Оценочные средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Входной контроль	Письменный опрос, направленный на выявление пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний.	Вопросы входного контроля
2	Опрос	Письменный опрос с кратким изложением результатов освоения раздела, направленный на оценку знаний студентов в ходе текущего контроля формирования компетенции	Вопросы
3	Тест	Тест направлен на оценку степени освоения студентами знаний, умений и навыков в ходе текущего контроля формирования компетенции	Фонд тестовых заданий
4	Зачет	Средство проверки, предназначенное для оценки степени достижения запланированных результатов формирования компетенции по завершении изучения дисциплины	Вопросы к зачету

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

Тесты проводятся на одиннадцатой и восемнадцатой неделях учебных занятий первого семестра и на двенадцатой и восемнадцатой неделях учебных занятий второго семестра. Время, отводимое на тест составляет 90 минут. Из общего перечня вопросов в случайном порядке выбирается 45 для соответствующего раздела и проводится процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Зачет проводится в письменной форме. Билет содержит 2 вопроса. На подготовку

отводится 45 минут.

Для оценки знаний, умений, владений и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций студента используются следующие виды оценочных средств:

1. Входной контроль. Письменный опрос, направленный на выявление пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. От обучающегося требуется: определение понятий, обоснование выдвинутых положений, свободное оперирование фактическим материалом.

2. Опрос. Цель подготовки к опросу состоит в формировании у обучающегося навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы. От обучающегося требуется: владение изученным в ходе учебного процесса материалом, относящимся к рассматриваемой проблеме; знание разных точек зрения, высказанных в научной и учебной литературе по соответствующей проблеме, умение сопоставлять их между собой; наличие собственного мнения по обсуждаемым вопросам и умение его аргументировать.

3. Тест. Работа с тестовыми заданиями осуществляется как во время аудиторных занятий, так и в процессе самостоятельной работы обучающегося. Тестовые задания позволяют проконтролировать степень усвоения основных понятий/категорий, используемых в изучаемой дисциплине.

4. Зачет. Зачет по дисциплине представляет собой итоговое испытание по профессионально-ориентированным проблемам, устанавливающее соответствие подготовленности студентов требованиям образовательного стандарта. Зачет проводится с целью проверки уровня и качества сформированности компетенций в рамках соответствующего этапа и позволяет выявить и оценить теоретическую и практическую подготовку студента для решения профессиональных задач.

Перечень вопросов входного контроля

1. Объекты исследования, цели, методы молекулярной физики.
2. Динамический, термодинамический и статистический подходы к изучению молекулярных систем.
3. Статистический ансамбль, понятие среднего по времени и среднего по ансамблю.
4. Эргодическая гипотеза и постулат равновероятности.
5. Понятия теории вероятности: случайные события, определение вероятности (классическое, геометрическое, статистическое).
6. Теоремы сложения и умножения вероятностей, условная вероятность, нормировка вероятности.
7. Плотность вероятности и функция распределения непрерывной случайной величины.
8. Распределение молекул газа по объему. Вероятность обнаружения молекулы газа в выделенном объеме, если плотность вероятности постоянна.
9. Математическое ожидание, дисперсия. Условие нормировки вероятности.
10. Понятие макро- и микросостояния, принцип равновероятности микросостояний, термодинамическое равновесие, приближение к равновесию.
11. Понятие идеального газа, теорема о равномерном распределении энергии.
12. Нормальное распределение случайной величины (распределение Гаусса).
13. Биномиальное распределение случайных величин.
14. Понятие флуктуации, среднее число частиц, зависимость флуктуаций от числа частиц в системе.
15. Среднее значение кинетической энергии, основное уравнение молекулярно-

кинетической теории газов.

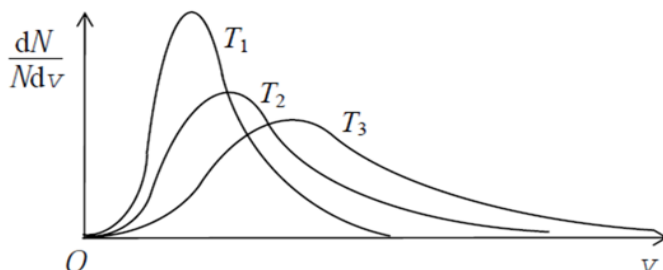
16. Удельная теплоемкость идеального газа. Термодинамическая температура. Принцип детального равновесия.
17. Распределение молекул по компонентам скорости и модулю скорости (распределение Максвелла).
18. Распределение Максвелла по энергии. Характерные скорости и энергии распределения.
19. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле (распределение Больцмана).
20. Барометрическая формула.
21. Смесь газов в сосуде – распределение по концентрации.
22. Число степеней свободы молекул, теорема о распределении энергии по степеням свободы.
23. Основные законы термодинамики и их объяснение на основе статистической теории.
24. Первое начало термодинамики. Теплота, работа, энергия. Функции состояния системы.
25. Работа и энтропия в изопроцессах.
26. Классическая теория теплоемкости. Соотношения между теплоемкостями, данные по теплоемкости молекулярного водорода.
27. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти.
28. Уравнение Пуассона для адиабатного процесса. Работа и энтропия при адиабатическом процессе.
29. Политропный процесс. Уравнение политропы. Изопроцессы, как частные случаи политропного процесса.
30. Энтропия, статистический и термодинамический подходы к изучению. Обратимые и необратимые процессы в термодинамике.
31. Циклические процессы в газах. Изменение энтропии в изопроцессах.
32. КПД тепловой машины. Энтропия цикла Карно.
33. Второе начало термодинамики. Термодинамический подход (формулировки Клаузиуса и Кельвина) и статистический подход.
34. Теоремы Карно. Неравенство Клаузиуса. Поведение энтропии в обратимых и необратимых процессах.
35. Термодинамические потенциалы (Внутренняя энергия, энтропия, энтальпия, свободная энергия Гельмгольца, свободная энергия Гиббса). Потенциалы и равновесие.
36. Принцип Ле-Шателье-Брауна. Смысл термодинамического равновесия в открытых системах.
37. Фазовые переходы I и II рода. Классификация по Эренфесту. Скрытая теплота перехода, скачок теплоемкости.
38. Силы межмолекулярного взаимодействия, агрегатные состояния вещества. Потенциал Леннарда-Джонса.
39. Переход вещества из газообразного состояния в жидкое. Изотермы реальных газов. Правило рычага.
40. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
41. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Скрытая теплота при фазовых переходах I – рода.
42. Вид процесса переноса в газах - теплопроводность.
43. Вид процесса переноса в газах - внутреннее трение.
44. Вид процесса переноса в газах - диффузия.
45. Общий вид уравнений переноса. Время релаксации, длина свободного пробега.
46. Связь между коэффициентами теплопроводности, внутреннего трения и диффузии.
47. Кристаллическое состояние вещества. Элементы симметрии.

Вопросы текущего контроля

Тест- 1, тест- 2, Статистическая физика

1. Задание

Установить правильную последовательность в изменении температуры для схематически представленных на рисунке кривых распределения Максвелла по скоростям.



- а) $T_1 < T_2 < T_3$; б) $T_1 < T_2 > T_3$; в) $T_1 > T_2 < T_3$; г) $T_1 > T_2 > T_3$.

2. Задание

В каком соотношении находятся наиболее вероятная, средняя арифметическая и средняя квадратичная скорости: $v_{\text{вер}} : v_{\text{ср. ар}} : v_{\text{ср. кв}}$?

- а) 1,22 : 1,13 : 1; б) 1,22 : 1 : 1,13; в) 1 : 1,13 : 1,22;
г) 1 : 1,22 : 1,13; д) 1,13 : 1,22 : 1.

3. Задание

Сравнить средние квадратичные скорости молекул двух идеальных газов с параметрами P_1 , ρ_1 и P_2 , ρ_2 , если $P_1/P_2=2$, а $\rho_2/\rho_1=1/2$.

- а) $v_1 > v_2$; б) $v_1 < v_2$; в) $v_1 = v_2$.

4. Задание

Установить правильную последовательность между отношениями $\gamma = C_p/C_v$ для идеальных газов: 1) одноатомный, 2) двухатомный, 3) трехатомный.

- а) $\gamma_1 < \gamma_2 < \gamma_3$; б) $\gamma_1 < \gamma_2 > \gamma_3$; в) $\gamma_1 > \gamma_2 < \gamma_3$; г) $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3$.

5. Задание

Отметьте правильный ответ:

Средняя квадратичная скорость:

а). $\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2}$

б). $\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{N \sum_{i=1}^N v_i^2}$

в). $\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i}$

г). $\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{N \sum_{i=1}^N v_i}$

6. Задание

Отметьте правильный ответ:

Связь средней квадратичной скорости с постоянной Больцмана:

а). $\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$

б). $\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{\frac{1}{3} \frac{kT}{m_0}}$

в). $\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{kT}{m_0}}$

г). $\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$

7. Задание

Отметьте правильный ответ:

Функция распределения для относительных скоростей имеет вид:

а). $f(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2$

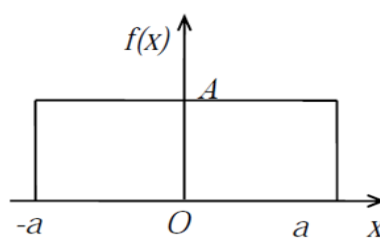
б). $f(u) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2$

в). $f(u) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u} u$

г). $f(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-u} u$

8. Задание

Чему равно среднее значение $\langle x^2 \rangle$ некоторой величины x , функция распределения вероятностей значений которой изображена на рисунке.



а) $\frac{1}{2a}$;

б) $\frac{a}{2}$;

в) $\frac{2a^2}{3}$;

г) $\frac{a^2}{3}$;

9. Задание

Отметьте правильный ответ:

Функция Бозе - Эйнштейна распределения частиц по квантовым состояниям:

а). $n = n_0 e^{-mgh/kT}$

б). $N \frac{e^{-E/kT}}{\sum_n e^{-E/kT} - 1}$

в). $N_i = N \frac{e^{-E_i/kT}}{\sum_n e^{-E_i/kT} + 1}$

10. Задание

Отметьте правильный ответ:

Функция Ферми-Дирака распределения частиц по квантовым состояниям:

а). $n = n_0 e^{-mgh/kT}$

б). $N \frac{e^{-E/kT}}{\sum_n e^{-E/kT} - 1}$

в). $N_i = N \frac{e^{-E_i/kT}}{\sum_n e^{-E_i/kT} + 1}$

11. Задание

Отметьте правильный ответ:

Функция Больцмана распределения частиц в гравитационном поле:

а). $n = n_0 e^{-mgh/kT}$

б). $N \frac{e^{-E/kT}}{\sum_n e^{-E/kT} - 1}$

в). $N_i = N \frac{e^{-E_i/kT}}{\sum_n e^{-E_i/kT} + 1}$

12. Задание

Отметьте правильный ответ:

Дисперсия случайной величины:

а). $\sigma_x = \sqrt{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2}$

б). $\sigma_x^2 = \sqrt{\langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle}$

в). $\sigma_x = \langle (x - \langle x \rangle)^2 \rangle$

г). $\sigma_x^2 = \langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2$

13. Задание

Отметьте правильный ответ:

Функция распределения канонического ансамбля систем:

а). $\rho(H(q, p, V, N)) = \frac{1}{c} \delta(E - H(q, p, V, N))$

б). $\rho(q, p, T, V, N) = \frac{1}{Z} \exp\left(-\frac{H(q, p, V, N)}{kT}\right)$

в). $\rho(q_{\tilde{N}}, p_{\tilde{N}}, \tilde{N}, T, V, \mu) = \exp\left(\frac{\Omega + \mu\tilde{N} - H(q_{\tilde{N}}, p_{\tilde{N}}, V, \tilde{N})}{kT}\right)$

г). $\rho(\alpha, T, V, N) = \frac{1}{Z} \exp\left(-\frac{E_\alpha(V, N)}{kT}\right)$

14. Задание

Отметьте правильный ответ:

Термодинамический потенциал свободная энергия:

а). $F = U - TS$

б). $H = U + pV$

в). $G = F - TS$

г). $dU = TdS - pdV$

15. Задание

Отметьте правильный ответ:

Термодинамический потенциал Гиббса:

а). $F = U - TS$

б). $H = U + pV$

в). $G = F - TS$

г). $dU = TdS - pdV$

Вопросы промежуточного контроля

Вопросы к зачету

1. Предмет и задачи статистической физики.
2. Функция Гамильтона и уравнения движения классической механики.
3. Фазовое пространство.
4. Фазовая траектория.
5. Функция статистического распределения.
6. Статистический ансамбль систем.
7. Вычисление средних значений физических величин в статистической физике.
8. Статистически независимые системы.
9. Дисперсия и относительная флуктуация физических величин.
10. Какие физические величины называются аддитивными?
11. Зависимость относительной флуктуации от числа частиц.
12. Уравнение для функции распределения.
13. Формулировки теоремы Лиувилля.
14. Классические скобки Пуассона и интегралы движения.
15. Аддитивные физические величины замкнутой механической системы.
16. Число микросостояний с энергией в заданном интервале.
17. Как от функции распределения в фазовом пространстве перейти к функции распределения по энергии?
18. Функция распределения по микросостояниям с заданной энергией.
19. Статистическое определение энтропии.
20. Энтропия как мера числа микросостояний, в которых с заметной вероятностью может находиться макросистема.
21. Квазиэргодическая гипотеза.
22. Какой ансамбль называется микроканоническим?
23. Какие переменные являются естественными для энтропии как функции макросостояния?
24. Вычисление термодинамических характеристик макросистемы методом микроканонического распределения.
25. Какой ансамбль называется каноническим?
26. Функция канонического распределения.

27. Статистический интеграл.
28. Связь свободной энергии со статистическим интегралом.
29. Вычисление термодинамических характеристик равновесной макросистемы методом канонического распределения.
30. Функция Гамильтона для идеального одноатомного газа.
31. Статистический интеграл для идеального одноатомного газа.
32. Какой ансамбль называется большим каноническим?
33. Большой статистический интеграл.
34. Связь Ω -потенциала с большим статистическим интегралом.
35. С какой термодинамической функцией связан нормировочный множитель большого канонического распределения?
36. Вычисление термодинамических характеристик равновесной макросистемы методом большого канонического распределения.
37. Квантовое микроканоническое распределение.
38. Квантовое каноническое распределение.
39. Квантовое большое каноническое распределение.
40. Статистическая сумма.
50. Функция Гамильтона гармонического осциллятора. Уровни энергии и кратность их вырождения для квантового осциллятора.
51. Система линейных гармонических осцилляторов (получение термодинамических характеристик, классическая статистика),
52. Система линейных гармонических осцилляторов (получение термодинамических характеристик, квантовая статистика),
53. Функция Гамильтона плоского ротатора. Уровни энергии и кратность их вырождения.
54. Классическая статистика системы плоских ротаторов.
55. Квантовая статистика системы плоских ротаторов.
56. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
57. Теплоемкость 5-атомного газа по классической теории.
58. Что такое конфигурационный интеграл?
59. Какие частицы называются бозонами? Каков их спин?
60. Какие частицы называются фермионами? Каков их спин?
61. Функция распределения Ферми-Дирака. Ее физический смысл.
62. Функция распределения Бозе-Эйнштейна. Ее физический смысл.
63. Омга потенциал идеального газа тождественных фермионов.
64. Омга потенциал идеального газа тождественных бозонов.
65. Внутренняя энергия идеального газа тождественных фермионов.
66. Внутренняя энергия идеального газа тождественных бозонов.
67. Уравнение состояния идеального газа тождественных фермионов.
68. Уравнение состояния идеального газа тождественных бозонов.

69. График функции распределения Ферми-Дирака при разных температурах.
70. График функции распределения Бозе-Эйнштейна при разных температурах.
71. Распределение Максвелла-Больцмана как предельный случай квантовых распределений.
72. Сильно и слабо вырожденный квантовый газ.
73. Энергия и импульс фотона.
74. Химический потенциал равновесного газа фотонов.
75. Функция распределения для черного излучения.
76. Формула Планка и ее смысл.
77. Энергия равновесного газа фотонов.
78. Закон Стефана-Больцмана.
79. Закон смещения Вина.
80. Почему можно использовать модель идеального газа для электронов в кристалле?

Оценивание студента на зачете по дисциплине «Статистическая физика»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Требования к знаниям
100-85	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики : учебное пособие / А. И. Ансельм. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/167726/#1>
2. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С. Квантовая статистическая механика, - Москва: Физматлит, 2011. - 132 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2672/#1>
3. Прудников, В. В., Прудников П.В., Мамонова М.В. Квантово-статистическая теория твердых тел: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2021. — 448 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/168909/#1>
4. Белонучкин В.Е., Заикин Д.А., Ципенюк Ю.М. Курс общей физики. Основы физики. Учебно пособие: для вузов. В 2 т. Т. II. Квантовая и статистическая физика. Термодинамика / Под ред. Ю.М. Ципенюка — 2-е изд., испр. — М.: ФИЗМАТЛИТ,

2007. — 608 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/2201/#1>

5. Краснопевцев, Е. А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем: учебное пособие / Е. А. Краснопевцев. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 387 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/118453/#1>

Дополнительная литература:

6. Михнев Л. В., Бондаренко Е. А. Термодинамика и статистическая физика: учебное пособие. — Ставрополь: СКФУ, 2016. — 125 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/155277/#1>

7. Иродов, И. Е. Физика макросистем. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. — 8-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 210 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/135536/#1>

Интернет-ресурсы

8. Теоретическая и математическая физика
http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=tmf&option_lang=rus

9. Журнал Технической Физики <http://journals.ioffe.ru/jtf/>

10. Физика элементарных частиц и атомного ядра
http://www1.jinr.ru/Pepan/Pepan_rus.html

11. Физика и Техника Полупроводников <http://journals.ioffe.ru/ftp/>

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Лекционные занятия проводятся в учебной аудитории, оборудованной видеопроектором, экраном, персональным компьютером и динамиками.

Практические занятия проводятся в учебной аудитории, предназначенной для проведения лекционных, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория оснащена необходимым оборудованием (проектором, доской, компьютером) для проведения занятий с помощью презентаций.

Для самостоятельной работы обучающихся имеются специализированные помещения, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе, электронной библиотеке и электронной информационно-образовательной среде вуза, а также к другим библиотечным фондам.

Учебно-методические рекомендации для студентов

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто

возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением практического занятия уяснить тему и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце практического занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Методические рекомендации для преподавателей

1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и

процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практического занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Рабочую программу составил доцент



Подгорнов А.А.

Рецензент: профессор

Чернова Н.М.

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг от 15.11.2021 года, протокол №2.

Председатель учебно-методической комиссии



Ляпин А.С.