

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Статистическая физика и термодинамика Б1.В.ОД.3.3

Направление подготовки: 44.03.01 - Педагогическое образование

Профиль подготовки: Физика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Мокшин А.В.

Рецензент(ы):

Мокшин А.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Мокшин А. В.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 6168018

Казань

2018

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Мокшин А.В. кафедра вычислительной физики и моделирования физических процессов научно-педагогическое отделение, Anatolii.Mokshin@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины состоит в формировании у студентов знаний о завершающем разделе теоретической физики - статистической физике и термодинамике, в обучении возможностям использования статистических методов в различных областях физики конденсированных и сложных систем. Вместе с тем дисциплина 'Статистическая физика и термодинамика' необходима для формирования у студентов глубоких знаний об основных термодинамических и статистических закономерностях макроскопических систем, приобретения навыков использования познанных законов на практике. Усвоив основные методы статистической физики и термодинамики, студент должен уметь выполнять необходимые расчеты физических характеристик систем и давать им физическую интерпретацию. Опережение в ряде случаев статистического подхода термодинамическим и их органическое объединение в каждой части дисциплины позволяет достигнуть большой ясности и глубины в понимании изучаемого материала.

В курсе термодинамики студентам предстоит овладение феноменологическим подходом описания макросистем, который основан на тепловой форме фундаментального закона физики - законе сохранения энергии. В курсе статистической физики студентам предстоит изучение основных идей, понятий и представлений статистического способа описания макросистем. Он основан на фундаментальных законах сохранения энергии и других физических величин. Студенты должны усвоить статистико-вероятностные методы исследования многочастичных классических и квантовых систем, связанные с применением метода статистических ансамблей Гиббса. Одной из задач дисциплины является формирование физического мировоззрения, что позволит рассматривать физические свойства макроскопических систем с универсальной и единой точки зрения. Это единство обеспечивается сочетанием вероятностного подхода в описании поведения отдельных микрочастиц и различных макросистем вместе с учетом фундаментальных представлений о строении вещества.

Задачи изучения дисциплины заключаются в следующем:

- изложение основных понятий и исходных положений термодинамики;
- знакомство с основными законами и уравнениями термодинамики;
- знакомство с ключевыми методами термодинамики;
- изложение условий равновесия и устойчивости термодинамических систем;
- знакомство с фазовыми переходами первого и второго рода;
- изложение исходных положений неравновесной термодинамики;
- установление связи статистической физики и термодинамики;
- знакомство с основными принципами построения статистической физики;
- изложение распределений Гиббса;
- рассмотрение идеального газа, квантового и классического;
- учет неидеальности газов, в том числе с кулоновским взаимодействием;
- статистическое описание твердых тел и жидкостей;
- изложение теории флуктуаций и основ физической кинетики (уравнения Ланжевена, Фика, Больцмана, Ландау и др.);
- изложение принципов описания бесстолкновительной плазмы.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.3 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 44.03.01 Педагогическое образование и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина позволяет расширить базовые представления студентов, полученные в рамках изучения следующих учебных дисциплин: дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, уравнения и методы математической физики, вероятность и статистика, теории случайных процессов, статистического оценивания и проверки гипотез, статистических методов обработки экспериментальных данных, а также дисциплин общей и экспериментальной физики, основ теоретической физики. Дисциплина направлена на интенсификацию междисциплинарных связей различных естественных наук.

По окончании курса студенты должны освоить основные идеи, положения и представления физики макроскопических систем, связанные с феноменологическим (для термодинамики) и статистико-вероятностным (для статистической физики) способами описания. Студенты должны овладеть основными фундаментальными закономерностями, применяемыми при исследовании физических свойств макроскопических систем. Они должны владеть тремя основными законами термодинамики и уметь применять их для установления основных термодинамических свойств равновесных макросистем. Ознакомление с понятиями и свойствами термодинамических потенциалов должно позволить студентам приобрести навыки решения простейших термодинамических задач, в которых рассматриваются фундаментальные свойства равновесных макроскопических систем. Учащиеся должны усвоить основные понятия и представления, связанные с методом статистических ансамблей Гиббса, научиться их применять для решения простейших задач статистической физики макроскопических систем.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	владение культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1)
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность логически верно выстраивать устную и письменную речь (ОК-6)
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях (ОК- 9)
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	сознание социальной значимости своей будущей профессии, обладанием мотивацией к осуществлению профессиональной деятельности (ОПК-1)
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	владение основами речевой профессиональной культуры (ОПК-3)
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	способность нести ответственность за результаты своей профессиональной деятельности (ОПК-4)
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способность к подготовке и редактированию текстов профессионального и социально значимого содержания (ОПК-6)
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность разрабатывать и реализовывать учебные программы базовых и элективных курсов в различных образовательных учреждениях (ПК-1)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность решать задачи воспитания и духовно-нравственного развития личности обучающихся (ПК-2)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3 (профессиональные компетенции)	готовность применять современные методики и технологии, методы диагностирования достижений обучающихся для обеспечения качества учебно- воспитательного процесса (ПК-3)
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность осуществлять педагогическое сопровождение процессов социализации и профессионального самоопределения обучающихся, подготовки их к сознательному выбору профессии (ПК-4)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- знать основные принципы построения статистического и термодинамического описания вещества;
- знать равновесные функции распределения и их свойства;
- знать основные термодинамические потенциалы и владеть основами термодинамических преобразований;
- знать принципы построения термодинамической теории флуктуаций, уметь вычислять флуктуации термодинамических величин;
- знать вывод уравнений бесстолкновительной плазмы, уметь вычислять тензор проводимости электронной плазмы, иметь представления о физическом механизме затухания Ландау.

2. должен уметь:

- уметь применять статистические и термодинамические подходы для описания газов, твердых тел и жидкостей;
- уметь получать уравнение Больцмана и Фоккера-Планка, знать принципы решения этого уравнения на кинетической и гидродинамической стадиях

3. должен владеть:

- навыками статистического и термодинамического описания вещества;
- основами термодинамических преобразований;
- навыками использования статистических и термодинамических подходов для описания газов, твердых тел и жидкостей;
- навыками построения термодинамической теории флуктуаций, вычисления флуктуаций термодинамических величин;
- навыками описания стохастических процессов, вывода уравнений с флуктуирующими параметрами

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания и приобретенные навыки и умения на практике.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия и положения термодинамики. Основные законы и уравнения термодинамики. Второе начало термодинамики	8	1	4	10	0	Письменное домашнее задание Устный опрос
2.	Тема 2. Метод термодинамических потенциалов Термодинамика различных физических систем	8	2-3	4	12	0	Устный опрос Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Фазовые переходы и критические явления Основные понятия и принципы статистической физики	8	4	4	10	0	Устный опрос Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Метод статистических ансамблей Гиббса. Распределения Гиббса	8	5	3	4	0	Устный опрос Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Применение статистической физики для изучения свойств газов Квантовая статистика идеальных газов	8	6-7	6	8	0	Устный опрос Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Флуктуации, шумы и термодинамика необратимых процессов	8	8	3	4	0	Устный опрос Письменное домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			24	48	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия и положения термодинамики. Основные законы и уравнения термодинамики. Второе начало термодинамики

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Предмет и методы термодинамики. 2. Основные понятия термодинамики. 3. Исходные положения термодинамики. 4. Равновесные и неравновесные процессы. 5. Термодинамические параметры: внутренняя энергия, работа и теплота (U, A, Q). 6. Термические и калорические уравнения состояния. 7. Первый закон термодинамики. 8. Связь теплоемкостей C_p и C_v . 9. Основные термодинамические процессы. 10. Уравнение политропического процесса. 11. Исходная формулировка второго закона термодинамики. 12. Обратимые и необратимые процессы. 13. Второе начало термодинамики для обратимых процессов. Основное уравнение термодинамики. 14. Вычисление энтропии идеального газа. 15. Второе начало термодинамики для необратимых процессов. 16. Закон сохранения и возрастания энтропии. 17. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. 18. Классификация тепловых машин: тепловые двигатели, тепловые насосы и холодильные машины. 19. Цикл и две теоремы Карно. 20. Связь энтропии с вероятностью состояния, формула Больцмана. Статистическое толкование второго закона термодинамики

практическое занятие (10 часа(ов)):

1. Предмет и методы термодинамики. 2. Основные понятия термодинамики. 3. Исходные положения термодинамики. 4. Равновесные и неравновесные процессы. 5. Термодинамические параметры: внутренняя энергия, работа и теплота (U, A, Q). 6. Термические и калорические уравнения состояния. 7. Первый закон термодинамики. 8. Связь теплоемкостей C_p и C_v . 9. Основные термодинамические процессы. 10. Уравнение политропического процесса. 11. Исходная формулировка второго закона термодинамики. 12. Обратимые и необратимые процессы. 13. Второе начало термодинамики для обратимых процессов. Основное уравнение термодинамики. 14. Вычисление энтропии идеального газа. 15. Второе начало термодинамики для необратимых процессов. 16. Закон сохранения и возрастания энтропии. 17. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. 18. Классификация тепловых машин: тепловые двигатели, тепловые насосы и холодильные машины. 19. Цикл и две теоремы Карно. 20. Связь энтропии с вероятностью состояния, формула Больцмана. Статистическое толкование второго закона термодинамики.

Тема 2. Метод термодинамических потенциалов Термодинамика различных физических систем

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Метод термодинамических потенциалов. Внутренняя энергия как термодинамический потенциал. 2. Свободная энергия как термодинамический потенциал. 3. Термодинамический потенциал Гиббса. 4. Энтальпия H как термодинамический потенциал. 5. Связь между термодинамическими потенциалами. Уравнения Гельмгольца - Гиббса. 6. Обратимый и необратимый эффект Джоуля-Томсона. 7. Термодинамика равновесного электромагнитного излучения. 8. Термодинамика плазмы. 9. Термодинамика систем с переменным числом частиц.

практическое занятие (12 часа(ов)):

1. Метод термодинамических потенциалов. Внутренняя энергия как термодинамический потенциал. 2. Свободная энергия как термодинамический потенциал. 3. Термодинамический потенциал Гиббса. 4. Энтальпия H как термодинамический потенциал. 5. Связь между термодинамическими потенциалами. Уравнения Гельмгольца - Гиббса. 6. Обратимый и необратимый эффект Джоуля-Томсона. 7. Термодинамика равновесного электромагнитного излучения. 8. Термодинамика плазмы. 9. Термодинамика систем с переменным числом частиц.

Тема 3. Фазовые переходы и критические явления Основные понятия и принципы статистической физики

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Гомогенные и гетерогенные системы. Фаза и компонент. 2. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. 3. Конкретные условия термодинамического равновесия для двухфазной системы одного вещества. 4. Условия термодинамического равновесия в гетерогенной системе. 5. Правило фаз Гиббса. Тройная точка. Кривая равновесия фаз. 6. Основные представления теории фазовых переходов. 7. Фазовые переходы I ? го рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. 8. Фазовые переходы II го рода. Уравнения Эренфеста. 9. Фазовый переход в сверхпроводящее состояние. Формула Рутгерса. 10. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. 11. Четыре следствия из тепловой теоремы Нернста. 12. Предмет и метод статистической физики. Статистическая физика как основа теории микроскопических процессов. 13. Классическая статистическая физика. Микроскопическая модель вещества. Микроскопическое состояние. 14. Фазовое пространство, фазовая точка, фазовая траектория. 15. Макроскопические параметры как функции микроскопических переменных.

практическое занятие (10 часа(ов)):

1. Гомогенные и гетерогенные системы. Фаза и компонент. 2. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. 3. Конкретные условия термодинамического равновесия для двухфазной системы одного вещества. 4. Условия термодинамического равновесия в гетерогенной системе. 5. Правило фаз Гиббса. Тройная точка. Кривая равновесия фаз. 6. Основные представления теории фазовых переходов. 7. Фазовые переходы I ? го рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. 8. Фазовые переходы II го рода. Уравнения Эренфеста. 9. Фазовый переход в сверхпроводящее состояние. Формула Рутгерса. 10. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. 11. Четыре следствия из тепловой теоремы Нернста. 12. Предмет и метод статистической физики. Статистическая физика как основа теории микроскопических процессов. 13. Классическая статистическая физика. Микроскопическая модель вещества. Микроскопическое состояние. 14. Фазовое пространство, фазовая точка, фазовая траектория. 15. Макроскопические параметры как функции микроскопических переменных.

Тема 4. Метод статистических ансамблей Гиббса. Распределения Гиббса

лекционное занятие (3 часа(ов)):

1. Метод статистических ансамблей Гиббса. Средние в статистической физике. Вероятности. 2. Теорема Лиувилля в статистической физике. 3. Понятие энтропии в статистической физике. 4. Основные понятия квантовой статистики. 5. Вывод квантовых множителей в формуле для энтропии. 6. Микроканонический ансамбль Гиббса и его свойства. 7. Канонический ансамбль Гиббса и его свойства. 8. Функция распределения в квантовом каноническом ансамбле Гиббса. 9. Термодинамические функции для канонического ансамбля Гиббса.

практическое занятие (4 часа(ов)):

1. Метод статистических ансамблей Гиббса. Средние в статистической физике. Вероятности. 2. Теорема Лиувилля в статистической физике. 3. Понятие энтропии в статистической физике. 4. Основные понятия квантовой статистики. 5. Вывод квантовых множителей в формуле для энтропии. 6. Микроканонический ансамбль Гиббса и его свойства. 7. Канонический ансамбль Гиббса и его свойства. 8. Функция распределения в квантовом каноническом ансамбле Гиббса. 9. Термодинамические функции для канонического ансамбля Гиббса.

Тема 5. Применение статистической физики для изучения свойств газов Квантовая статистика идеальных газов

лекционное занятие (6 часа(ов)):

1. Статистический интеграл идеального газа.
2. Свободная энергия и энтропия идеального газа в каноническом ансамбле Гиббса.
3. Учет взаимодействия молекул в реальном газе.
4. Распределение Максвелла-Больцмана по импульсам и координатам.
5. Распределение Максвелла по скоростям и энергиям.
6. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы классической системы.
7. Теплоемкость разреженного одноатомного газа.
8. Классическая теория теплоемкости твердого тела.
9. Затруднения классической теории теплоемкостей твердых тел и газов.
10. Большой канонический ансамбль Гиббса и его свойства.
11. Термодинамические функции для большого канонического ансамбля Гиббса.
12. Квантовые статистики Ферми-Дирака и Бозе - Эйнштейна.
13. Вывод функции распределения Ферми-Дирака.
14. Свойства функции распределения Ферми-Дирака.
15. Теплоемкость электронного газа металлов при низких температурах.
16. Вывод функции распределения для квантовых систем Бозе - Эйнштейна.
17. Свойства функции распределения Бозе - Эйнштейна.
18. Бозе - Эйнштейновская конденсация и сверхтекучесть жидкого гелия.

практическое занятие (8 часа(ов)):

1. Статистический интеграл идеального газа.
2. Свободная энергия и энтропия идеального газа в каноническом ансамбле Гиббса.
3. Учет взаимодействия молекул в реальном газе.
4. Распределение Максвелла-Больцмана по импульсам и координатам.
5. Распределение Максвелла по скоростям и энергиям.
6. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы классической системы.
7. Теплоемкость разреженного одноатомного газа.
8. Классическая теория теплоемкости твердого тела.
9. Затруднения классической теории теплоемкостей твердых тел и газов.
10. Большой канонический ансамбль Гиббса и его свойства.
11. Термодинамические функции для большого канонического ансамбля Гиббса.
12. Квантовые статистики Ферми-Дирака и Бозе - Эйнштейна.
13. Вывод функции распределения Ферми-Дирака.
14. Свойства функции распределения Ферми-Дирака.
15. Теплоемкость электронного газа металлов при низких температурах.
16. Вывод функции распределения для квантовых систем Бозе - Эйнштейна.
17. Свойства функции распределения Бозе - Эйнштейна.
18. Бозе - Эйнштейновская конденсация и сверхтекучесть жидкого гелия.

Тема 6. Флуктуации, шумы и термодинамика необратимых процессов

лекционное занятие (3 часа(ов)):

1. Излучение абсолютно черного тела. Законы излучения Планка, Релея-Джинса, закон смещения Вина, закон Стефана- Больцмана.
2. Теплоемкость твердых тел при низких температурах. Закон Дебая.
3. Квантовая теория теплоемкости двух атомного газа. Понятие характеристической температуры.
4. Элементы статистической теории необратимых процессов. Диффузионное движение частиц.
5. Теория броуновского движения.
6. Статистическая теория флуктуаций. Флуктуации числа частиц в большом каноническом ансамбле Гиббса.
7. Условие перехода квантовых статистик в классическую. Критерий вырождения.
8. Вырожденный газ Ферми-Дирака при абсолютном нуле T .
9. Электронный газ в металлах при нулевой температуре. Энергия и теплоемкость электронного газа при T не равной 0 K .
10. Кинетическая теория газов. Метод сокращенного описания академика Боголюбова.
11. Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность заряженного газа на основе кинетического уравнения Больцмана. Вычисление вязкости разреженного газа с помощью кинетического уравнения Больцмана. Вычисление коэффициента теплопроводности на основе кинетического уравнения Больцмана.

практическое занятие (4 часа(ов)):

1. Излучение абсолютно черного тела. Законы излучения Планка, Релея-Джинса, закон смещения Вина, закон Стефана-Больцмана. 2. Теплоемкость твердых тел при низких температурах. Закон Дебая. 3. Квантовая теория теплоемкости двух атомного газа. Понятие характеристической температуры. 4. Элементы статистической теории необратимых процессов. Диффузионное движение частиц. 5. Теория броуновского движения. 6. Статистическая теория флуктуаций. Флуктуации числа частиц в большом каноническом ансамбле Гиббса. 7. Условие перехода квантовых статистик в классическую. Критерий вырождения. 8. Вырожденный газ Ферми-Дирака при абсолютном нуле T . 9. Электронный газ в металлах при нулевой температуре. Энергия и теплоемкость электронного газа при T не равной 0 K . 10. Кинетическая теория газов. Метод сокращенного описания академика Боголюбова. 11. Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность заряженного газа на основе кинетического уравнения Больцмана. Вычисление вязкости разреженного газа с помощью кинетического уравнения Больцмана. Вычисление коэффициента теплопроводности на основе кинетического уравнения Больцмана.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные понятия и положения термодинамики. Основные законы и уравнения термодинамики. Второе начало термодинамики	8	1	подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
2.	Тема 2. Метод термодинамических потенциалов. Термодинамика различных физических систем	8	2-3	подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	4	Устный опрос
3.	Тема 3. Фазовые переходы и критические явления. Основные понятия и принципы статистической физики	8	4	подготовка домашнего задания	3	Письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	3	Устный опрос
4.	Тема 4. Метод статистических ансамблей Гиббса. Распределения Гиббса	8	5	подготовка домашнего задания	2	Письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	2	Устный опрос
5.	Тема 5. Применение статистической физики для изучения свойств газов. Квантовая статистика идеальных газов	8	6-7	подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	4	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Флуктуации, шумы и термодинамика необратимых процессов	8	8	подготовка домашнего задания	1	Письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	1	Устный опрос
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

По дисциплине 'Статистическая физика и термодинамика' читается курс лекций, адаптированный к педагогическим специальностям. Материал носит общеобразовательный и ознакомительный характер. В качестве промежуточной и текущей аттестации в течение семестра проводятся контрольные работы по статистической физике и термодинамике; выполняется подготовка рефератов и защита докладов, согласно разработанной рабочей программе. На практических занятиях проводится опрос лекционного материала и представление дополнительного материала, проводятся познавательные беседы, научные дискуссии и диспуты по наиболее интересным и сложным вопросам статистической физики и термодинамики.

Примерные темы для рефератов

Термодинамика

1. Сведения из математики (дифференциал функций двух переменных в термодинамике, якобиан преобразования).
2. Уравнение состояния. Идеальный газ и газ Ван-дер-Ваальса. Термодинамические коэффициенты уравнения состояния. Основное термодинамическое тождество. Тепло и работа, их эквивалентность. Изобарическое расширение идеального газа. Теплоёмкость, соотношение Майера. Понятие внутренней энергии системы. Первое начало термодинамики. Термодинамика идеального газа: необратимое адиабатическое расширение, калорическое уравнение состояния, обратимые изотермическое и адиабатическое расширения газов, политропический процесс.
3. Циклические процессы. КПД тепловых машин. Цикл Карно. Принцип Карно. Теорема о приведённых теплотах. Энтропия. Удобство использования энтропии. Второе начало термодинамики для обратимых процессов. Эквивалентность различных формулировок второго начала термодинамики. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Метод циклов. Термодинамическое уравнение состояния.
4. Термодинамика произвольных систем. Метод термодинамических коэффициентов. Термодинамические функции и потенциалы: внутренняя энергия и адиабатический потенциал; энтальпия; свободная энергия и изотермический потенциал, уравнение Гиббса-Гельмгольца; термодинамический потенциал Гиббса. Естественные переменные, соотношения взаимности.
5. Третье начало термодинамики (принцип Нернста) и его следствия. Невозможность достижения абсолютного нуля температур.
6. Расширение газов. Процессы Гей-Люссака и Джоуля-Томсона. Изоэнтальпическое расширение газа Ван-дер-Ваальса. Кривая инверсии. Температура инверсии и температура Бойля.
7. Термодинамика различных систем (поверхностное натяжение, равновесное излучение, диэлектрики и магнетики).

8. Системы с переменным числом частиц. Рост энтропии в процессах смешения газов. Парадокс Гиббса. Химический потенциал. Условие равновесия фаз. Фазовые переходы первого рода. Правило Максвелла. Диаграммы состояния. Кривая сосуществования. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Давление насыщающих паров. Расчёт термодинамических коэффициентов при равновесии фаз. Термодинамическое понятие о фазовых переходах второго рода.

Статистическая физика

1. Статистический подход к описанию сложных систем. Статистические ансамбли. Статистический вес макроскопического состояния системы.
2. Микроканоническое распределение. Энтропия. Условие теплового равновесия.
3. Каноническое распределение Гиббса.
4. Статистическая сумма и свободная энергия.
5. Распределение Больцмана. Теплоемкость идеального одноатомного газа. Теплоемкость двухатомного газа.
6. Химический потенциал. Большое каноническое распределение.
7. Эквивалентность ансамблей в термодинамическом пределе.
8. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Теплота реакции. Степень ионизации плазмы.
9. Идеальный Ферми-газ. Статистика электронов в металлах. Теплоемкость электронного газа в металле.
10. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.
11. Идеальный Бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна.
12. Распределение Планка.
13. Теплоемкость твёрдых тел в модели Дебая.
14. Тепловое расширение твердых тел.
15. Молекулярное притяжение металлов при нулевой температуре (Силы Казимира).
16. Равновесная горячая плазма как неидеальный газ. Диэлектрическая проницаемость плазмы в статическом случае.
17. Неидеальный газ. Второй вириальный коэффициент. Газ Ван-дер-Ваальса.
18. Условия равновесия фаз. Примеры диаграмм состояния. Тройная точка.
19. Теория ферромагнетизма Вейсса.
20. Модель Изинга. Приближение молекулярного поля.
21. Теория Ландау фазовых переходов второго рода.
22. Критические индексы, понятие о флуктуационной теории.
23. Квазистатистические флуктуации.
24. Флуктуации параметра порядка. Границы применимости теории фазовых переходов Ландау.
25. Релеевское рассеяние света. Дублет Манделъштама - Бриллюэна.
26. Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Корреляционные функции скоростей, случайных сил.
27. Корреляция флуктуаций во времени. Связь флуктуаций и диссипации.
28. Спектральное разложение флуктуаций. Корреляция компонент Фурье флуктуаций.
29. Уравнение диффузии.
30. Кинетическое уравнение для газов.
31. H - теорема Больцмана.
32. Плазменные колебания, затухание Ландау. Диэлектрическая проницаемость плазмы.
33. Интеграл столкновений для рассеяния электронов на примесях. Учет статистики частиц.
34. Приближение времени релаксации в кинетическом уравнении. Электропроводность электронного газа.

35. Теплопроводность электронного газа в металле. Термоэлектрические эффекты.
35. Квантовое кинетическое уравнение.
36. Понятие об устойчивых состояниях, далеких от термодинамического равновесия.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Основные понятия и положения термодинамики. Основные законы и уравнения термодинамики. Второе начало термодинамики

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по темам пункта и подготовка к устному опросу.

Устный опрос , примерные вопросы:

1. Что является предметом термодинамики? 2. Назовите методы термодинамики. 3. Сформулируйте основные понятия термодинамики. 4. Что относится к положениям термодинамики? 5. Дайте определения для равновесных и неравновесных процессов. 6. Дайте определения для параметров: внутренняя энергия, работа и теплота. 7. Какие характеристики определяют термические и калорические уравнения состояния? 8. Сформулируйте первый закон термодинамики. 9. Как определяется связь теплоемкостей C_p и C_v ? 10. Назовите основные термодинамические процессы. 11. Какие термодинамические параметры определяют политропный процесс? 12. Сформулируйте второй закон термодинамики. 13. Какие процессы называются обратимыми и необратимыми? 14. Сформулируйте второе начало термодинамики для обратимых процессов. 15. Как определяется энтропия идеального газа? 16. Сформулируйте второе начало термодинамики для необратимых процессов. 17. Сформулируйте Закон сохранения и возрастания энтропии.

Тема 2. Метод термодинамических потенциалов Термодинамика различных физических систем

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

1. Решение задач по темам пункта и подготовка к устному опросу. 2. Составить конспект на тему "Тепловые машины".

Устный опрос , примерные вопросы:

1. Что такое термодинамические потенциалы? 2. В чем заключается метод термодинамических потенциалов? 3. Назовите термодинамические потенциалы. 4. Что есть свободная энергия? 5. Что понимается под термодинамическим потенциалом Гиббса. 6. Что есть энтальпия? 7. В чем заключается эффект Джоуля-Томсона. 8. Каковы основные особенности термодинамики систем с переменным числом частиц?

Тема 3. Фазовые переходы и критические явления Основные понятия и принципы статистической физики

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по темам пункта и подготовка к устному опросу.

Устный опрос , примерные вопросы:

1. Дайте определения для гомогенных и гетерогенных систем. 2. В чем отличие между фазой и компонентой? 3. Сформулируйте общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. 4. Каковы условия термодинамического равновесия для двухфазной системы одного вещества? 5. Каковы условия термодинамического равновесия в гетерогенной системе? 6. В чем заключается правило фаз Гиббса? 7. Что есть тройная точка? 8. Что есть кривая равновесия фаз? 9. В чем заключаются основные представления теории фазовых переходов? 10. Что есть Фазовые переходы I го рода? 11. Что есть фазовые переходы II го рода? 12. Сформулируйте третий закон термодинамики. 13. Сформулируйте следствия из тепловой теоремы Нернста. 14. Каковы основные положения и понятия статистической физики? 15. Что есть микроскопическое состояние? 16. Дайте определения для следующих понятий: Фазовое пространство, фазовая точка, фазовая траектория.

Тема 4. Метод статистических ансамблей Гиббса. Распределения Гиббса

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по темам пункта и подготовка к устному опросу.

Устный опрос , примерные вопросы:

1. В чем заключается метод статистических ансамблей Гиббса? 2. Как определяются средние в статистической физике? 3. Как определяется энтропия в статистической физике. 4. Каковы основные понятия квантовой статистики? 5. Что есть микроканонический ансамбль Гиббса? 6. Каков физический смысл функций распределения?

Тема 5. Применение статистической физики для изучения свойств газов Квантовая статистика идеальных газов

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по темам пункта и подготовка к устному опросу.

Устный опрос , примерные вопросы:

1. Какие свойства идеального газа используются при определении его статистический интеграла? 2. Как рассчитывается свободная энергия и энтропия идеального газа? 3. Какие допущения используются при учете взаимодействия молекул в реальном газе? 4. Сформулируйте теорему о равномерном распределении энергии по степеням свободы классической системы. 5. Как определяется теплоемкость разреженного одноатомного газа? 6. Назовите возникающие затруднения в классической теории теплоемкостей твердых тел и газов. 7. Сформулируйте свойства функции распределения Ферми-Дирака. 8. Охарактеризуйте специфику теплоемкости электронного газа металлов при низких температурах. 9. Назовите свойства функции распределения Бозе-Эйнштейна.

Тема 6. Флуктуации, шумы и термодинамика необратимых процессов

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по темам пункта и подготовка к устному опросу.

Устный опрос , примерные вопросы:

1. Сформулируйте закон излучения Планка. 2. Сформулируйте закон Релея-Джинса. 3. Сформулируйте закон смещения Вина. 4. Сформулируйте закон Стефана- Больцмана. 5. Сформулируйте закон Дебая. 6. Что есть характеристическая температура? 7. Сформулируйте ключевые элементы статистической теории необратимых процессов. 8. Назовите основные понятия в методе сокращенного описания академика Боголюбова.

Итоговая форма контроля

экзамен

Примерные вопросы к экзамену:

Билеты к экзамену формируются из вопросов по курсу "Термодинамика" и курсу "Статистическая физика"

Вопросы по курсу "Термодинамика":

1. Предмет и методы термодинамики.
2. Основные определения и понятия термодинамики.
3. Исходные положения термодинамики.
4. Равновесные и неравновесные процессы.
5. Термодинамические параметры: внутренняя энергия, работа и теплота (U , A , Q).
6. Термические и калорические уравнения состояния.
7. Первый закон термодинамики.
8. Связь теплоемкостей C_p и C_v .
9. Основные термодинамические процессы.
10. Уравнение политропического процесса.
11. Исходная формулировка второго закона термодинамики.
12. Обратимые и необратимые процессы.

13. Второе начало термодинамики для обратимых процессов. Основное уравнение термодинамики.
14. Вычисление энтропии идеального газа.
15. Второе начало термодинамики для необратимых процессов.
16. Закон сохранения и возрастания энтропии.
17. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния.
18. Классификация тепловых машин: тепловые двигатели, тепловые насосы и холодильные машины.
19. Цикл и две теоремы Карно.
20. Связь энтропии с вероятностью состояния, формула Больцмана. Статистическое толкование второго закона термодинамики.
21. Метод термодинамических потенциалов. Внутренняя энергия как термодинамический потенциал.
22. Свободная энергия как термодинамический потенциал.
23. Термодинамический потенциал Гиббса.
24. Энтальпия H - как термодинамический потенциал.
25. Связь между термодинамическими потенциалами. Уравнения Гельмгольца - Гиббса.
26. Обратимый и необратимый эффект Джоуля-Томсона.
27. Термодинамика равновесного электромагнитного излучения.
28. Термодинамика плазмы.
29. Термодинамика систем с переменным числом частиц.
30. Гомогенные и гетерогенные системы. Фаза и компонент.
31. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости.
32. Конкретные условия термодинамического равновесия для двухфазной системы одного вещества.
33. Условия термодинамического равновесия в гетерогенной системе.
34. Правило фаз Гиббса. Тройная точка. Кривая равновесия фаз.
35. Основные представления теории фазовых переходов.
36. Фазовые переходы I - го рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса.
37. Фазовые переходы II го рода. Уравнения Эренфеста.
38. Фазовый переход в сверхпроводящее состояние. Формула Рутгерса.
39. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики.
40. Четыре следствия из тепловой теоремы Нернста.

Вопросы по курсу "Статистическая физика":

1. Предмет и метод статистической физики. Статистическая физика как основа теории микроскопических процессов.
2. Классическая статистическая физика. Микроскопическая модель вещества. Микроскопическое состояние.
3. Фазовое пространство, фазовая точка, фазовая траектория.
4. Макроскопические параметры как функции микроскопических переменных.
5. Метод статистических ансамблей Гиббса. Средние в статистической физике. Вероятности.
6. Теорема Лиувилля в статистической физике.
7. Понятие энтропии в статистической физике.
8. Основные понятия квантовой статистики.
9. Вывод квантовых множителей в формуле для энтропии.
10. Микроканонический ансамбль Гиббса и его свойства.
11. Канонический ансамбль Гиббса и его свойства.
12. Функция распределения в квантовом каноническом ансамбле Гиббса.

13. Термодинамические функции для канонического ансамбля Гиббса.
14. Статистический интеграл идеального газа.
15. Свободная энергия и энтропия идеального газа в каноническом ансамбле Гиббса.
16. Учет взаимодействия молекул в реальном газе.
17. Распределение Максвелла-Больцмана по импульсам и координатам.
18. Распределение Максвелла по скоростям и энергиям.
19. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы классической системы.
20. Теплоемкость разреженного одноатомного газа.
21. Классическая теория теплоемкости твердого тела.
22. Затруднения классической теории теплоемкостей твердых тел и газов.
23. Большой канонический ансамбль Гиббса и его свойства.
24. Термодинамические функции для большого канонического ансамбля Гиббса.
25. Квантовые статистики Ферми-Дирака и Бозе - Эйнштейна.
26. Вывод функции распределения Ферми-Дирака.
27. Свойства функции распределения Ферми-Дирака.
28. Теплоемкость электронного газа металлов при низких температурах.
29. Вывод функции распределения для квантовых систем Бозе - Эйнштейна.
30. Свойства функции распределения Бозе - Эйнштейна.
31. Бозе - Эйнштейновская конденсация и сверхтекучесть жидкого гелия.
32. Излучение абсолютно черного тела. Законы излучения Планка, Релея-Джинса, закон смещения Вина, закон Стефана- Больцмана.
33. Теплоемкость твердых тел при низких температурах. Закон Дебая.
34. Квантовая теория теплоемкости двух атомного газа. Понятие характеристической температуры.

7.1. Основная литература:

1. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 3. Молекулярная физика и термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Савельев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2011.-224 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/706>.
(<https://e.lanbook.com/reader/book/706/#1>)

2. Кузнецов, С.И. Курс физики с примерами решения задач. Часть I. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Кузнецов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 464 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42189>.

(<https://e.lanbook.com/reader/book/42189/#1>)

7.2. Дополнительная литература:

1. Миронова, Г.А. Молекулярная физика и термодинамика в вопросах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.А. Миронова, Н.Н. Брандт, А.М. Салецкий. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 480 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3718>.

(<https://e.lanbook.com/reader/book/3718/#1>)

2. Новиков, И.И. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.И. Новиков. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 592 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/286>.

(<https://e.lanbook.com/reader/book/286/#1>)

7.3. Интернет-ресурсы:

Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов - <http://school-collection.edu.ru/>

Единое окно доступа к образовательным ресурсам - <http://window.edu.ru/>

Естественно-научный образовательный портал - <http://www.en.edu.ru/catalogue/854?page=1>

Конспект лекций по статистической физике -

http://books.ifmo.ru/book/613/kurs_statisticheskoy_fiziki._konspekt_lekciy.htm

Курс видеолекций по термодинамике -

http://books.ifmo.ru/book/613/kurs_statisticheskoy_fiziki._konspekt_lekciy.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Статистическая физика и термодинамика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Для обеспечения учебного процесса на лекционных и практических занятиях по курсу "Статистическая физика и термодинамика" имеются тексты практических и домашних работ, учебное пособие с кратким содержанием лекционного материала дисциплины, а также дополнительные электронные учебно-методические пособия с изложением лекционного курса. Для проведения лекционных занятий имеется техническое средство обучения в составе одного ноутбука и мультимедийного проектора для демонстрации физических процессов и явлений, к которым приводит термодинамика и статистическая физика. Имеется комплект CD-дисков с лекционными и наглядно-демонстрационными материалами.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 44.03.01 "Педагогическое образование" и профилю подготовки Физика .

Автор(ы):

Мокшин А.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Мокшин А.В. _____

"__" _____ 201__ г.