

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Основы теоретической физики: статистическая физика и термодинамика ДПП.Ф.2.5

Специальность: 050203.65 - Физика

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: учитель физики и информатики

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Демин С.А.

Рецензент(ы):

Мокшин А.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой:

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань
2014

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) старший преподаватель, б/с Демин С.А. кафедра вычислительной физики и моделирования физических процессов научно-педагогическое отделение, Sergej.Djomin@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.

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.

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

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

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:

- иметь представления о принципах описания стохастических процессов, уравнениях с флуктуирующими параметрами;

решать задачи по статистической физике и термодинамике

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 82 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 9 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.).

4.2 Содержание дисциплины

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

Примерные вопросы к экзамену:

Контрольная работа по термодинамике

Вариант ♦1

1. Найти термические коэффициенты для газа с первым уравнением Дитеричи.
2. Пользуясь уравнением, связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа с уравнением состояния Клаузиуса.
3. Найти уравнение политропы для газа со вторым уравнением состояния Дитеричи.

4. Вычислить энтропию газа с термическим уравнением состояния Клаузиуса.
5. Доказать термодинамическое тождество: . При доказательстве воспользоваться уравнением связи теплоемкостей и .

Вариант ♦2

1. Найти термические коэффициенты для газа со вторым уравнением Дитеричи.
2. Пользуясь уравнением, связывающим термическое и калорическое уравнения состояния, найти внутреннюю энергию для газа с первым уравнением состояния Дитеричи.
3. Найти уравнение политропы для газа со вторым уравнением состояния Клаузиуса.
4. Вычислить энтропию газа со вторым термическим уравнением состояния Дитеричи.
5. Доказать следующее уравнение: , где F - свободная энергия.

Контрольная работа по статистической физике

Вариант ♦1

1. Определить фазовую траекторию частицы, движущуюся с трением, пропорциональным скорости, для трехмерного случая.
2. Показать, что фазовая траектория линейного гармонического осциллятора в фазовом пространстве является эллипсом. Найдите фазовую траекторию, исходя из закона сохранения энергии.
3. С помощью статистического интеграла Z для идеального газа в каноническом ансамбле Гиббса найти его термическое и калорическое уравнения состояния.
4. Найти среднеквадратичную и наиболее вероятную скорости движения частицы в максвелловском газе.
5. Вычислить средние значения и для одномерного максвелловского газа.

Вариант ♦2

1. Определить фазовую траекторию частицы, движущуюся с трением, пропорциональным скорости, для двумерного случая.
2. Показать, что фазовая траектория линейного гармонического осциллятора в фазовом пространстве является эллипсом. Найдите фазовую траекторию, исходя из уравнений движения классической механики.
3. С помощью статистического интеграла идеального газа найти термодинамические потенциалы F , G , H и химический потенциал μ идеального газа.
4. Показать, что среднеквадратичная флуктуация энергии в максвелловском газе равна .
5. Длина волны де Бройля связана со скоростью частицы соотношением . Максвелловское распределение частиц по скоростям записать в виде распределения по длинам волн де-Бройля для одномерного случая.

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. Ω - потенциал. 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 - Бриллюена.

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. Н - теорема Больцмана.
32. Плазменные колебания, затухание Ландау. Диэлектрическая проницаемость плазмы $\epsilon(\omega, k)$.
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.

7.1. Основная литература:

1. Базаров И.П. Термодинамика. - М.: Высшая школа, 1976.
2. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. - М.: Наука, 1983.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. - М.: Наука, 1976.
4. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. - М.: Наука, 1973.
5. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. - М.: Наука, 1977.

7.2. Дополнительная литература:

1. Климонтович Ю.Л. Статистическая физика. - М.: Наука, 1982.
2. Васильев А.С. Введение в статистическую физику. - М.: Высшая школа, 1980.
3. Кубо Р. Термодинамика. - М.: Мир, 1970.
4. Кубо Р. Статистическая механика. - М.: Мир, 1967.
5. Радущкевич Л.В. Курс статистической физики. - М.: Просвещение, 1966.
6. Терлецкий Я.П. Статистическая физика. - М.: Высшая школа, 1973.
7. Киттель Ч. Элементарная статистическая физика. - М.: Иностранная литература, 1960.
8. Зубарев Д.Н. Неравновесная статистическая термодинамика. - М.: Наука, 1971.
9. Задачи по термодинамике и статистической физике, под ред. П. Ландсберга. - М.: Мир, 1974.
10. Сборник задач по общему курсу физики: термодинамика и молекулярная физика, под ред. Д. В. Сивухина. - М.: Наука, 1976.
11. Серова Ф.Г., Янкина А.А. Сборник задач по термодинамике. - М.: Просвещение, 1976.
12. Хуанг К. Статистическая механика. - М.: Мир, 1966.
13. Шиллинг Г. Статистическая физика в примерах. - М.: Мир, 1976.
14. Юльметьев Р.М. Введение в статистическую физику жидкостей. - Казань: КГПИ, 1972.
15. Юльметьев Р.М., Шахмуратова Л.Н. Методическая разработка по курсу теоретической физики к разделу "Статистическая физика и термодинамика". - Казань: КГПИ, 1986.

7.3. Интернет-ресурсы:

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Основы теоретической физики: статистическая физика и термодинамика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 050203.65 "Физика" и специализации не предусмотрено .

Автор(ы):

Демин С.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Мокшин А.В. _____

"__" _____ 201__ г.