

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

по физико-математическим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие разделы физики: термодинамика и статистическая физика; теория неравновесных процессов; физика газов и плазмы, фазовые переходы, физика твёрдого тела.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации по физике при участии Московского государственного областного университета.

1. Термодинамика и статистическая физика

- Законы термодинамики. Термодинамические функции. Термодинамические неравенства. Распределение Гиббса. Энтропия. Статистическое обоснование закона возрастания энтропии. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.
- Статистическое описание идеального газа. Распределение Больцмана. Термодинамические свойства двухатомного газа с молекулами одинаковых и разных атомов. Закон равнораспределения.
- Квантовая статистика идеального газа. Распределение Бозе. Бозе-конденсация. Термодинамика черного излучения. Распределение Ферми. Теплоемкость вырожденного ферми-газа.
- Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Термическая диссоциация, ионизация, возбуждение.
- Неидеальные газы. Разложения по степеням плотности. Вириальные коэффициенты.
- Фазовые переходы первого и второго рода. Термодинамическая теория Ландау фазовых переходов второго рода.
- Теория флуктуаций. Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Корреляция флуктуаций. Флуктуации в критической точке. Корреляция флуктуаций во времени.
- Термодинамика поверхности. Поверхностное натяжение и поверхностное давление. Равновесие между поверхностной фазой и газом. Теория образования зародышей при фазовых переходах первого рода.

2. Теория неравновесных процессов

- Уравнения переноса, основы термодинамики необратимых явлений. Соотношение симметрии кинетических коэффициентов Онсагера. Применения методов неравновесной термодинамики к явлениям в сплошных средах с одновременным протеканием различных процессов: диффузии, теплопроводности, вязкости, химических реакций.

- Кинетическое уравнение Больцмана. H – теорема. Вывод уравнения Больцмана на основе баланса числа частиц. Идеи метода Чепмена—Энскога и Грэда. Вывод гидродинамических уравнений из уравнений Больцмана. Вычисление кинетических коэффициентов. Влияние химических реакций и внутренних степеней свободы на явления переноса.
- Случайные блуждания и броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Уравнение Фоккера—Планка.
- Релаксационные явления. Основное кинетическое уравнение. Колебательная релаксация. Вращательная релаксация. Кинетика диссоциации и ионизации. Газовые лазеры. Столкновительные механизмы создания инверсной населенности.
- Распространение звука в газе, дисперсия и затухание звука. Вторая вязкость.
- Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударной волны. Ударная адиабата. Структура ударной волны в газах. Истечение газа через сопло.

3. Физика газов и плазмы

- Взаимодействие молекул. Источники сведений о межмолекулярных силах. Различные составляющие межмолекулярных сил. Потенциальные функции межмолекулярного взаимодействия. Упругие и неупругие столкновения.
- Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний, термодинамическое подобие. Теплоемкость. Сжимаемость. Эффект Джоуля—Томпсона. Методы измерения термодинамических величин.
- Явление переноса в газах. Вязкость. Теплопроводность. Диффузия. Термодиффузия. Пристеночные явления в умеренно разреженном газе. Термомолекулярная разность давлений. Кинетические явления в сильно разреженном газе (газ Кнудсена).
- Методы исследования явлений переноса. Методы получения сверхнизких и высоких давлений. Диффузионные методы разделения изотопов.
- Низкотемпературная плазма. Дебаевский радиус.
- Ионизационное равновесие. Формула Саха. Кинетика ионизации.
- Явление переноса в плазме. Излучение плазмы.

4. Физика жидкостей

- Строение жидкости. Радиальная функция распределения. Изучение структуры жидкости методом рассеяния рентгеновских лучей.
- Уравнения состояния жидкости и плотных газов. Плотность, сжимаемость, теплоемкость.
- Статистическая теория жидкостей. Частичные функции распределения, методы интегральных уравнений. Модельные теории. Компьютерное моделирование.
- Явление переноса и релаксации в жидкости. Вязкость, теплопроводность, диффузия и самодиффузия.
- Сопротивление и теплопередача в ламинарном потоке.
- Конвективный теплообмен.
- Турбулентное движение и турбулентный теплообмен.
- Кризис сопротивления.
- Модели турбулентности. Методы расчета турбулентных явлений в газе, жидкости и плазме.
- Радиационный теплообмен и радиационная газовая динамика.
- Изучение теплового движения в жидкостях по рассеянию света и медленным нейтронов. Пространственно-временная корреляционная функция.

- Поверхностные явления. Поверхностное натяжение, смачивание. Осмотическое давление.
- Экзотические жидкости, жидкие кристаллы, жидкие металлы. Квантовые жидкости. Сверхтекучесть гелия.

5. Фазовые переходы

- Диаграммы состояния. Условия равновесия фаз. Закон Клапейрона—Клаузиуса. Критическая точка и физические свойства системы в окрестности критической точки. Соотношения между критическими показателями. Экспериментальные методы исследования критических состояний. Методы термостатирования и получения низких температур.
- Кипение. Кризис кипения. Методы расчета.
- Метастабильные состояния. Перегрев, переохлаждение. Давление насыщенных паров над раствором.
- Плавление, кристаллизация. Возгонка и сублимация.
- Теплообмен и сопротивление в многофазных средах.

6. Физика твердого тела

- Строение твердых тел: кристаллические и аморфные твердые тела. Пространственная решетка кристалла. Трансляционная симметрия. Дефекты в кристаллах: точечные дефекты и дислокации.
- Колебание решетки, спектральная плотность колебаний решетки. Ангармонизм и тепловое расширение. Теплоемкость кристаллов. Модели Эйнштейна и Дебая.
- Электронные состояния кристаллов. Модели свободных электронов. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Электронная теплоемкость.
- Термодинамика твердых тел. Уравнение состояния твердых тел. Термодинамическое описание термоупругих свойств.
- Теплопроводность и вязкость твердых тел. Уравнение теплопроводности в твердых телах, теплопроводность кристаллов. Механизмы теплопроводности в диэлектриках и металлах. Вязкость и ее проявление при поглощении звука в твердых телах.
- Взаимодействие молекул с поверхностью твердого тела. Адсорбция и хемосорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция.

Литература

- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 2001.
- Квасников И.А. Теория равновесных систем. Т. 1: Термодинамика; Т. 2: Статистическая физика. М.: Изд-во УРСС, 2002.
- Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2000.
- Исихара А. Статистическая физика. М.: Мир, 1973.
- Силин В.П. Введение в кинетическую теорию газов. М.: Изд-во ФИАН, 1998.
- Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч., Берд Р. Молекулярная теория газов и жидкостей. Л.; М., 1961.
- Ступоченко Е., Лосев С.А., Осипов А.И. Релаксационные процессы в ударных волнах. М., 1965.
- Гордиев Б.Ф., Осипов А.И., Шелепин Л.А. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры. М.: Наука, 1980.

