

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАДРЫ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ
(АСПИРАНТУРА)**

УТВЕРЖДАЮ

Декан Физико-технического факультета НИ ТГУ

_____ Э.Р. Шрагер

« » _____ 2017 г.

ПРОГРАММА

вступительных экзаменов по специальной дисциплине

«Теплофизика и теоретическая теплотехника»

(направление подготовки: 03.06.01 – Физика и астрономия)

I. Основные положения

Программа вступительного испытания предназначена для поступающих в аспирантуру в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче вступительного экзамена по специальной дисциплине.

В основу данной программы положены следующие дисциплины: механика, теория поля, электродинамика сплошных сред, квантовая механика, статистическая физика, теория конденсированного состояния, квантовая теория поля.

Программа сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета и магистратуры.

II. Содержание вступительного испытания и темы для самостоятельной подготовки

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-Энскового 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 медленных 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

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 2001.
2. Квасников И.А. Теория равновесных систем. Т. 1: Термодинамика; Т. 2: Статистическая физика. М.: Изд-во УРСС, 2002.
3. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2000.
4. Исихара А. Статистическая физика. М.: Мир, 1973.
5. Силин В.П. Введение в кинетическую теорию газов. М.: Изд-во ФИАН, 1998.
6. Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч., Берд Р. Молекулярная теория газов и жидкостей. Л.; М., 1961.
7. Ступоченко Е., Лосев С.А., Осипов А.И. Релаксационные процессы в ударных волнах. М., 1965.
8. Гордиев Б.Ф., Осипов А.И., Шелепин Л.А. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры. М.: Наука, 1980.
9. Физика простых жидкостей: Сб. М.: Мир, 1971.
10. Стенли Г. Фазовые переходы и кинетические явления. М.: Мир, 1973.
11. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1992.
12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986.
13. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973.

III. Структура билета вступительного испытания

Билет вступительного испытания включает четыре вопроса. Первые два вопроса билета являются теоретическими и требуют обстоятельного ответа с доказательством всех необходимых утверждений и определением всех необходимых понятий. Третий вопрос требует короткого ответа, содержащего определения и краткую характеристику необходимых понятий, примеры практического использования. Четвертый вопрос формулируется экзаменационной комиссией во время собеседования и требует краткого устного ответа без предварительной подготовки.

IV. Критерии формирования оценок

Максимальное количество баллов за экзамен – 100. Минимальное количество баллов для успешного прохождения экзамена – 60. Поступающий, набравший менее 60 баллов за экзамен, не может быть зачислен в аспирантуру.

Каждый вопрос экзаменационного билета оценивается по 25 баллов в соответствии со следующей таблицей.

Количество баллов	Критерии
25-21	Полный безошибочный ответ с правильным применением понятий и определений.
20-16	Правильный и достаточно полный, не содержащий существенных ошибок ответ. Оценка может быть снижена за отдельные несущественные ошибки.
15-11	Недостаточно полный объем ответа, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях.
10-5	Неполный объем ответов, наличие ошибок и пробелов в знаниях.
4-0	Отсутствие необходимых знаний, отрывочный, поверхностный ответ.

Проверка и оценка ответов на вопросы вступительного экзамена проводится аттестационной комиссией, действующей на основании приказа ректора.

Общая оценка определяется как средний балл, выставленный всеми членами аттестационной комиссии по результатам вступительного экзамена.

Вступительное испытание по специальной дисциплине носит приоритетный характер при ранжировании списков поступающих в аспирантуру на ООП по направлению 03.06.01 Физика и астрономия.