

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ**

кандидатского экзамена по специальности

**01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»**

по физико-математическим наукам

Программа-минимум  
содержит 7 стр.

## **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 по физике Высшей аттестационной комиссии Минобразования России при участии Московского государственного областного университета.

### **I. Термодинамика и статистическая физика**

1. Законы термодинамики. Термодинамические функции. Термодинамические неравенства. Распределение Гиббса. Энтропия. Статистическое обоснование закона возрастания энтропии. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.
2. Статистическое описание идеального газа. Распределение Больцмана. Термодинамические свойства двухатомного газа с молекулами одинаковых и разных атомов. Закон равнораспределения.
3. Квантовая статистика идеального газа. Распределение Бозе. Бозе-конденсация. Термодинамика черного излучения. Распределение Ферми. Теплоемкость вырожденного Ферми-газа.
4. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Термическая диссоциация, ионизация, возбуждение.
5. Неидеальные газы. Разложения по степеням плотности. Вириальные коэффициенты.
6. Фазовые переходы первого и второго рода. Термодинамическая теория Ландау фазовых переходов второго рода.

7. Теория флуктуаций. Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Корреляция флуктуаций. Флуктуации в критической точке. Корреляция флуктуаций во времени.

8. Термодинамика поверхности. Поверхностное натяжение и поверхностное давление. Равновесие между поверхностной фазой и газом. Теория образования зародышей при фазовых переходах первого рода.

## **II. Теория неравновесных процессов.**

1. 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.

2. 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.

3. Случайные блуждания и броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Уравнение Фоккера-Планка.

4. Релаксационные явления. Основное кинетическое уравнение. Колебательная релаксация. Вращательная релаксация. Кинетика диссоциации и ионизации. Газовые лазеры. Столкновительные механизмы создания инверсной населенности.

5. Распространение звука в газе, дисперсия и затухание звука. Вторая вязкость.

6. Ударные волны. Законы сохранения на фронте ударной волны. Ударная адиабата. Структура ударной волны в газах. Истечение газа через сопло.

### **III. Физика газов и плазмы.**

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

### **IV. Физика жидкостей.**

1. Строение жидкости. Радиальная функция распределения. Изучение структуры жидкости методом рассеяния рентгеновских лучей.
2. Уравнения состояния жидкости и плотных газов. Плотность, сжимаемость, теплоемкость.
3. Статистическая теория жидкостей. Частичные функции распределения, методы интегральных уравнений. Модельные теории. Компьютерное моделирование.
4. Явление переноса и релаксации в жидкости. Вязкость, теплопроводность, диффузия и самодиффузия.

5. Сопротивление и теплопередача в ламинарном потоке.
6. Конвективный теплообмен.
7. Турбулентное движение и турбулентный теплообмен.
8. Кризис сопротивления.
9. Модели турбулентности. Методы расчета турбулентных явлений в газе, жидкости и плазме.
10. Радиационный теплообмен и радиационная газовая динамика.
11. Изучение теплового движения в жидкостях по рассеянию света и медленных нейтронов. Пространственно-временная корреляционная функция.
12. Поверхностные явления. Поверхностное натяжение, смачивание. Осмотическое давление.
13. Экзотические жидкости, жидкие кристаллы, жидкие металлы. Квантовые жидкости. Сверхтекучесть гелия.

## **V. Фазовые переходы.**

1. 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.
2. Кипение. Кризис кипения. Методы расчета.
3. Метастабильные состояния. Перегрев, переохлаждение. Давление насыщенных паров над раствором.
4. Плавление, кристаллизация. Возгонка и сублимация.
5. Теплообмен и сопротивление в многофазных средах.

## **VI. Физика твердого тела.**

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

### **Литература:**

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика, Т. 5, М.: Наука, 2001.
2. И.А. Квасников. Теория равновесных систем. Термодинамика. Т.1., Статистическая физика, Т. 2. Изд-во УРСС, М, 2002.
3. Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Новосибирск, Изд-во Новосибирского ун-та, 2000.
4. А. Исихара. Статистическая физика, Мир, М., 1973.

5. В.П. Силин. Введение в кинетическую теорию газов, М.: Изд-во ФИ им. Лебедева, 1998.
6. Дж. Гиршвельдер, Ч. Кертисс, Р. Берд. Молекулярная теория газов и жидкостей, Л., М., 1961.
7. Е. Ступоченко, С.А. Лосев, А.И. Осипов. Релаксационные процессы в ударных волнах, 1965.
8. Б.Ф. Гордиев, А.И. Осипов, Л.А. Шелепин. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры. М.: Наука, 1980.
9. Физика простых жидкостей. Сборник, Мир, М., 1971
10. Г. Стенли. Фазовые переходы и кинетические явления. М.: Мир, 1973.
11. Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. М.: Наука, 1992.
12. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Гидродинамика. Т.6. М.: Наука, 1986.
13. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973.