



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«Калужский государственный университет  
им. К.Э. Циолковского»**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ,  
ПРОВОДИМЫХ УНИВЕРСИТЕТОМ САМОСТОЯТЕЛЬНО  
ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

**1.03.06.01 «Физика и астрономия»**

Профиль 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

## ***1. Пояснительная записка***

Программа предназначена для поступающих в аспирантуру ГОУ ВПО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского» по специальности *1.03.06.01 - Теплофизика и теоретическая теплотехника*.

Цель вступительного экзамена в аспирантуру:

Выявить у соискателей общие представления по теплофизическим свойствам веществ, термодинамическим процессам, процессам переноса тепла и массы в различных средах, импульса и энергии при конвекции, излучении и физико-химических превращениях веществ.

Требования к поступающим в аспирантуру по специальности.

Соискатель должен знать:

1. Определение, основные свойства и характеристики веществ в различных агрегатных состояниях.
2. Особенности аналитических и численных методов исследования веществ в зависимости от агрегатного состояния.
3. Методы и способы преобразования энергии в источниках, передающих и приемных устройствах.
4. Основные термодинамические процессы и циклы в энергетических установках.
5. Основные положения, законы и уравнения, применяемые при физическом и численном моделировании процессов переноса массы, импульса и энергии.

Соискатель должен уметь:

1. Формулировать цели и задачи по направлению исследований.
2. Выработать навыки самостоятельного подхода к экспериментальному и теоретическому решению поставленных задач.
3. Составить структурно-логическую схему и программу исследований для решения конкретных задач и достижения поставленных целей.
4. Подбирать и уметь применять известные формулы, основы физического и теоретического моделирования, методы решения.
5. Применять известные аналитические и численные методы решения для круга задач по избранной специальности.
6. Применять полученные знания для анализа и синтеза полученных результатов экспериментальных и расчетно-теоретических исследований.

## **2. Содержание программы.**

### **1. Термодинамика и статистическая физика**

1. Основные термодинамические процессы. Термодинамические циклы тепловых машин. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия.

2. Законы термодинамики. Термодинамические функции. Термодинамические неравенства. Распределение Гиббса. Энтропия. Статистическое обоснование закона возрастания энтропии. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.

3. Статистическое описание идеального газа. Распределение Больцмана. Термодинамические свойства двухатомного газа с молекулами одинаковых и разных атомов. Постулат равновероятности Эйнштейна.

4. Квантовая статистика идеального газа. Распределение Бозе-Эйнштейна. Термодинамика черного излучения. Распределение Ферми-Дирака. Условия вырождения.2. Физика газов и плазмы

5. Взаимодействие молекул. Источники сведений о межмолекулярных силах. Различные составляющие межмолекулярных сил. Потенциальные функции межмолекулярного взаимодействия. Упругие и неупругие столкновения.

6. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний, термодинамическое подобие. Теплоемкость. Сжимаемость. Эффект Джоуля-Томпсона. Методы измерения термодинамических величин.

7. 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).

8. Методы исследования явлений переноса. Методы получения сверхнизких и высоких давлений. Диффузионные методы разделения изотопов.

9. Низкотемпературная плазма. Дебаевский радиус.

10. Ионизационное равновесие. Формула Саха. Кинетика ионизации. Явление переноса в плазме. Излучение плазмы.

### **3. 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. Радиационный теплообмен и радиационная газовая динамика.

#### **4. 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. 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. Термодинамика твердых тел. Уравнение состояния твердых тел. Термодинамическое описание термоупругих свойств.
3. 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.

4. Взаимодействие молекул с поверхностью твердого тела. Адсорбция и хемосорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция.

### ***3. Вопросы программы-минимума кандидатского экзамена***

1. Законы термодинамики.
2. Распределение Гиббса.
3. Энтропия.
4. Статистическое описание идеального газа.
5. Распределение Больцмана.
6. Квантовая статистика идеального газа.
7. Распределение Бозе-Эйнштейна.
8. Распределение Ферми-Дирака.
9. Условие химического равновесия.
10. Неидеальные газы.
11. Фазовые переходы первого и второго рода.
12. Теория флуктуаций. Распределение Гаусса. Формула Пуассона.
13. Термодинамика поверхности. Поверхностное натяжение и поверхностное давление.
14. Теория неравновесных процессов. Основные положения.
15. Уравнения переноса, основы термодинамики необратимых явлений.
16. Релаксационные явления, основное кинетическое уравнение.
17. Распространение звука в газе, дисперсия и затухание звука.
18. Движение со сверхзвуковой скоростью.
19. Ударные волны.
20. Истечение газа через сопло.
21. Потенциальные функции межмолекулярного взаимодействия. Упругие и неупругие столкновения.
22. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
23. Закон соответственных состояний, термодинамическое подобие.
24. Теплоемкость.
25. Сжимаемость.
26. Эффект Джоуля-Томпсона.
27. Методы измерения термодинамических величин.
28. Явление переноса в газах. Вязкость. Теплопроводность. Диффузия.
29. Уравнения состояния жидкости и плотных газов.
30. Плотность, сжимаемость, теплоемкость.
31. Статистическая теория жидкостей.

32. Явление переноса и релаксации в жидкости. Вязкость, теплопроводность, диффузия и самодиффузия.
33. Сопротивление и теплопередача в ламинарном потоке.
34. Конвективный теплообмен.
35. Турбулентное движение и турбулентный теплообмен.
36. Радиационный теплообмен и радиационная газовая динамика.
37. Поверхностные явления. Поверхностное натяжение, смачивание. Осмотическое давление.
38. Диаграммы состояния. Условия равновесия фаз.
39. Закон Клапейрона-Клаузиуса.
40. Возгонка и сублимация.
41. Строение твердых тел: кристаллические и аморфные твердые тела.
42. Колебание решетки, спектральная плотность колебаний решетки. Ангармонизм и тепловое расширение. Теплоемкость кристаллов. Модели Эйнштейна и Дебая.
43. Электронные состояния кристаллов. Модели свободных электронов.
44. Зонная структура энергетического спектра кристаллов.
45. Проводники, полупроводники и диэлектрики.
46. Электронная теплоемкость.
47. Термодинамика твердых тел. Уравнение состояния твердых тел. Термодинамическое описание термоупругих свойств.
48. Теплопроводность и вязкость твердых тел. Уравнение теплопроводности в твердых телах, теплопроводность кристаллов.
49. Механизмы теплопроводности в диэлектриках и металлах. Вязкость и ее проявление при поглощении звука в твердых телах.
50. Взаимодействие молекул с поверхностью твердого тела.
51. Адсорбция и хемосорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция.

#### **Основная литература**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 2001.
2. А.Н. Матвеев «Молекулярная физика» М.: Высшая школа, 1987.—400 с.
3. А.С. Василевский, В.В. Мултановский Статистическая физика и термодинамика. М. Просвещение, 1985.
4. Исихара А. Статистическая физика. М.: Мир, 1973.
5. Силин В.П. Введение в кинетическую теорию газов. М.: Изд-во ФИАН, 1998.
6. П. Эткинс Порядок и беспорядок в природе. Изд. Мир, 1987.
7. Гордиев Б.Ф., Осипов А.И., Шелепин Л.А. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры. М.: Наука, 1980.

8. Физика простых жидкостей: Сб. М.: Мир, 1971.
9. Стенли Г. Фазовые переходы и кинетические явления. М.: Мир, 1973.
10. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1992.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986.
12. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973.

### **Дополнительная литература**

1. Баранников Алексей Алексеевич. Основные концепции современной физики: уч. пособие/ Баранников А.А., Фирсов А.В.- 2-е изд., доп.- М.: Высш.шк., 2009.- 348 с.: ил.
2. Багдасаров Хачик Саакович Тепло- и массоперенос при вращении монокристаллов направленной кристаллизацией/ Багдасаров Х. С., Горяинов Леонид Алексеевич. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 223с.: ил.
3. Анищенко Вадим Семенович Знакомство с нелинейной динамикой/ Анищенко В. С. - М.: URSS, 2008. - 222с.: ил.
4. М. Каку Физика будущего. Изд. АНФ, 2012.
5. Современные математические модели конвекции / Андреев В. К. [и др. ]. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 367с.: ил.
6. С.Хокинг Высший замысел. Изд. Амфора, 2012., 206 с.