

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности

  
Д.А. Гаюрекий  
« 15 » *август* 2017 г.  


**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

для поступающих на программы подготовки научно-педагогических  
кадров в аспирантуре

**Направление 03.06.01 – Физика и астрономия**

*Направленность (профиль): 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая  
теплофизика*

Казань 2017

1. *Вопросы программы вступительного экзамена в аспирантуру по специальности*

01.04.14  
(шифр)

\_\_\_Теплофизика и теоретическая теплотехника\_\_\_  
(наименование)

**ОСНОВНЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Развитие представлений о природе теплоты. Термодинамика – наука о формах обмена энергией. Феноменологический характер термодинамики.
2. Развитие статистических идей. Становление молекулярно-кинетической теории вещества.
3. Термодинамическая система и окружающая среда. Термодинамическое равновесие. Термодинамические параметры, функции состояния.
4. Процессы равновесные и неравновесные. Внутренняя энергия системы. Основные термодинамические процессы. Первый закон термодинамики, его формулировки. Теплоемкости.
5. Уравнение состояния термодинамических систем, термические и калорические уравнения состояния. Вириальная форма уравнений состояния, термические и калорические уравнения состояния. Уравнения Клапейрона-Менделеева и Ван-дер-Ваальса.
6. Обратимые и необратимые процессы. Формулировки второго закона термодинамики. Условие взаимного превращения тепла и работы в прямом и обратном термодинамических циклах.
7. Энтропия и термодинамическая температура. Основные уравнения термодинамики для равновесных процессов. Вычисление энтропии. Парадокс Гиббса.
8. Неравенство Клаузиуса. Изменение энтропии в неравновесных процессах. Основное термодинамическое неравенство.
9. Цикл и теоремы Карно.
10. Характеристические термодинамические функции и термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия как термодинамический потенциал.
11. Преобразования Лежандра. Выражения для термодинамических потенциалов в интегральной и дифференциальной формах.
12. Соотношение Максвелла. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
13. Тепловая теорема Нернста. Следствия тепловой теоремы: недостижимость абсолютного нуля температур, особенности поведения термических коэффициентов при низких температурах, вырождение идеального газа.
14. Представление внутренней энергии и других термодинамических величин. Статистический смысл энтропии.
15. Статистический интеграл и термодинамические функции идеального газа. Распределение Максвелла-Больцмана.
16. Теплоемкости одно- и многоатомных газов.
17. Химический потенциал. Условия равновесия.
18. Метастабильные состояния. Равновесие и устойчивость, принцип Ле Шателье-Брауна.
19. Фазовые диаграммы чистого вещества, тройная точка. Равновесие в гомогенной системе.
20. Закон действующих масс. Равновесие в гомогенных многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса.
21. Фазовые переходы первого рода, уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
22. Фазовые переходы второго рода, уравнение Эренфеста, теория Ландау.

23. Критические и закритические явления, критическая точка. Закон соответственных состояний и термодинамическое подобие.
24. Основные термодинамические процессы и их уравнения, изменение термодинамических функций, теплоты и работы.
25. Исследование диаграмм для расчета процессов. Эффект Джоуля-Томсона.
26. Силовые термодинамические циклы. Влияние параметров циклов на их термический КПД. Паросиловой цикл Ренкина. Циклы холодильной машины и теплового насоса.
27. Распределение Гаусса. Флуктуации термодинамических величин. Формула Пуассона.
28. Уравнение переноса молекулярных признаков (массы, импульса, энергии).
29. Идеи методов Чепмена, Энскога и Грэда, вычисление кинетических коэффициентов.
30. Модель сплошной среды. Тензор деформации. Тензор напряжений.
31. Термодинамика деформирования. Обобщенный закон Гука.
32. Плотность потоков массы, импульса и энергии и соответствующие уравнения сохранения.
33. Идеальная жидкость. Перенос массы – уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли.
34. Вихревое движение. Теоремы Гельмгольца и Томсона. Потенциальное движение. Парадокс Даламбера. Эффект Магнуса.
35. Вязкая жидкость. Тензор вязких напряжений. Уравнение Навье-Стокса. Диссипация кинетической энергии в вязкой жидкости. Законы подобия.
36. Устойчивость стационарного движения жидкости. Уравнение Рейнольдса для турбулентного движения. Теория турбулентности Прандтля.
37. Движение жидкости в пограничном слое. Уравнение Прандтля.
38. Интегральное уравнение Кармана. Отрыв и турбулизация пограничного слоя. Кризис сопротивления.
39. Звуковые волны. Энергия и импульс звуковых волн.
40. Отражение и преломление звуковых волн.
41. Распространение звука в движущейся среде.
42. Поглощение и затухание звука. Дисперсия.
43. Вторая вязкость.
44. Динамика разреженного газа. Одномерный поток сжимаемого газа. Формула Сан-Венана-Венцеля. Параметры газа в критической точке. Число Маха.
45. Прямая ударная волна, ударная адиабата, косая ударная волна, ударная поляра, отсоединенная ударная волна. Изменение скоростей и термодинамические функции в ударных волнах.
46. Волна разряжения, изменение термодинамических функций и скоростей. Сопло Лавалю.
47. Взаимодействие газового потока с поверхностью. Формула Кнудсена. Режимы течения газа.
48. Тепловой поток. Уравнение теплопроводности, краевые условия.
49. Стационарная теплопроводность, решение задачи для простейших тел. Объемные и поверхностные источники тепла.
50. Нестационарная теплопроводность. Простейшие задачи для бесконечных и конечных областей.
51. Нелинейная теплопроводность. Автомодельные решения. Тепловые волны. Приближенные численные методы решения.
52. Общие уравнения переноса тепла. Методы подобия и размерности в теории теплообмена. Критерии подобия, критериальные уравнения теплообмена.
53. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции.
54. Теплообмен в ламинарном пограничном слое, трение и теплообмен при обтекании пластины несжимаемой жидкостью.
55. Теплообмен и трение при турбулентном обтекании плоской пластины. Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси.

56. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Режимы кипения. Механизм процесса теплообмена при пузырьковом кипении. Кризис кипячения.
57. Механизмы теплообмена при пленочном кипении. Теплопередача при ламинарном и турбулентном движении паровой пленки.
58. Основные законы теплового излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.
59. Лучистый теплообмен между телами. Угловые коэффициенты излучения. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах.
60. Особенности излучения газов и паров. Критерий радиационного подобия.
61. Получение, передача преобразование тепловой энергии, выделяющейся при сгорании топлив.
62. Основы термодинамики процессов горения.
63. Методы и средства измерения температуры и термодинамических параметров вещества.

**2. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы вступительного экзамена в аспирантуру по специальности**

01.04.14

(шифр)

\_\_\_Теплофизика и теоретическая теплотехника\_\_\_  
(наименование)

**Основная литература**

1. Теория тепломассообмена /Под ред. А.И. Леонтьева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. Изд. 4-е. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2001.
4. Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1991.
5. Теплоэнергетика и теплотехника (справочная серия). В 4 книгах. Книга вторая. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. М.: Изд-во МЭИ, 2001.
6. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736

**Дополнительная литература**

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979.
2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2001.

Программа вступительного экзамена в аспирантуру составлена в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по специальности 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника \_\_\_  
(шифр) (наименование)