

ВОПРОСЫ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
Для аспирантов по научной специальности
1.3.14. «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

1. Природа теплоты. Преобразование энергии. Феноменологические и статистические основы термодинамики.
2. Термодинамическая система и окружающая среда. Термодинамическое равновесие. Термодинамические параметры, функции состояния.
2. Основные постулаты. Понятие о термодинамических процессах, процессы равновесные и неравновесные.
3. Внутренняя энергия системы. Основные термодинамические процессы. Теплота и работа как формы обмена энергией – функции процессов. Первый закон термодинамики, его формулировки. Теплоемкости.
4. 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.
5. Обратимые и необратимые процессы. Формулировки второго закона термодинамики. Условие взаимного превращения тепла и работы в прямом и обратном термодинамических циклах.
6. Принцип адиабатической недостижимости. Голономность пфаффовых форм. Энтропия и термодинамическая температура. Основные уравнения термодинамики для равновесных процессов. Вычисление энтропии. Парадокс Гиббса.
7. Неравенство Клаузиуса. Изменение энтропии в неравновесных процессах. Основное термодинамическое неравенство. Цикл и теоремы Карно.
8. Характеристические термодинамические функции и термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия как термодинамический потенциал. Преобразования Лежандра. Выражения для термодинамических потенциалов в интегральной и дифференциальной формах. Соотношение Максвелла. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
9. Тепловая теорема Нернста. Следствия тепловой теоремы: недостижимость абсолютного нуля температур, особенности поведения термических коэффициентов при низких температурах, вырождение идеального газа.
10. Динамические и статистические, феноменологические молекулярно-кинетические зависимости. Статистические ансамбли, фазовое пространство, функции распределения. Теорема Лиувилля. Описание квантовых систем.
11. Микроскопическое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Статистический интеграл. Большое каноническое распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц. Большая статистическая сумма.
12. Представление внутренней энергии и других термодинамических величин. Статистический смысл энтропии.
13. Статистический интеграл и термодинамические функции идеального газа. Распределение Максвелла-Больцмана. Теорема вириала и закон распределения энергий по степеням свободы.
14. Теплоемкости одно- и многоатомных газов. Статистический интеграл неидеальных газов, конфигурационный интеграл в приближении парных столкновений. Уравнение состояния.
15. Принцип тождественности элементарных частиц. Принцип Паули. Статистические распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Уравнение состояния и статистика квантового идеального газа. Теплоемкость кристаллов, модель Дебая.

16. Классификация термодинамических систем. Основные уравнения термодинамики для сложных систем. Химический потенциал. Условия равновесия. Метастабильные состояния. Равновесие и устойчивость, принцип ЛеШателье-Брауна.
17. Фазовые диаграммы чистого вещества, тройная точка. Равновесие в гомогенной системе. Закон действующих масс. Равновесие в гомогенных многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса.
18. Фазовые переходы первого рода, уравнение Кланейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода, уравнение Эренфеста, теория Ландау. Критические и закритические явления, критическая точка.
19. Масштабная теория критических явлений. Закон соответственных состояний и термодинамическое подобие.
20. Основные термодинамические процессы и их уравнения, изменение термодинамических функций, теплоты и работы. Исследование диаграмм для расчета процессов. Эффект Джоуля-Томсона.
21. Силовые термодинамические циклы. Влияние параметров циклов на их термический КПД. Паросиловой цикл Ренкина. Циклы холодильной машины и теплового насоса.
22. Распределение Гаусса. Флуктуации термодинамических величин. Формула Пуассона. Корреляция флуктуаций.
23. Броуновское движение. Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка. Основное кинетическое уравнение для коррелятивных функций.
24. Реакция системы на внешнее динамическое возмущение. Реакция системы на термическое возмущение.
25. Условия локального равновесия. Локальная запись законов сохранения массы, импульса и энергии. Уравнение баланса энтропии. Плотность производства и плотность потока энтропии.
26. Феноменологические соотношения для плотностей потоков тепла, массы и импульса. Соотношения взаимности Онсагера. Замкнутая система дифференциальных уравнений сохранения энергии, массы и импульса.
27. Уравнение Больцмана. H-теорема и закон возрастания энтропии. Уравнение переноса молекулярных признаков (массы, импульса, энергии).
28. Идеи методов Чепмена, Энскога и Грэда, вычисление кинетических коэффициентов.
29. Модель сплошной среды. Тензор деформации. Тензор напряжений. Термодинамика деформирования.
30. Обобщенный закон Гука. Плотность потоков массы, импульса и энергии и соответствующие уравнения сохранения.
31. Перенос массы – уравнение непрерывности с источниками и стоками. Идеальная жидкость. Уравнение Эйлера. Вихревое движение. Теоремы Гельмгольца и Томсона.
32. Потенциальное движение. Уравнение Бернулли. Парадокс Даламбера. Эффект Магнуса.
33. Вязкая жидкость. Тензор вязких напряжений. Уравнение Навье-Стокса. Диссипация кинетической энергии в вязкой жидкости. Законы подобия.
34. Устойчивость стационарного движения жидкости. Уравнение Рейнольдса для турбулентного движения. Теория турбулентности Прандтля.
35. Движение жидкости в пограничном слое. Уравнение Прандтля. Интегральное уравнение Кармана. Отрыв и турбулизация пограничного слоя. Кризис сопротивления.
36. Динамика разреженного газа. Одномерный поток сжимаемого газа. Формула Сан-Венана-Венцеля. Параметры газа в критической точке. Число Маха.

37. Прямая ударная волна, ударная адиабата, косая ударная волна, ударная поляра, отсоединенная ударная волна. Изменение скоростей и термодинамические функции в ударных волнах.

38. Волна разряжения, изменение термодинамических функций и скоростей. Сопло Лаваля.

39. Взаимодействие газового потока с поверхностью. Формула Кнудсена. Режимы течения газа.

40. Основные положения теории разделения изотопов: разделительный элемент, коэффициенты разделения и обогащения. Умножение обогащения в каскаде. Идеальный каскад. Потенциал разделения и разделительная мощность. Первичный эффект разделения в поле центробежных сил. Умножение разделения в противоточной центрифуге. Решение уравнения обогащения в приближении Коэна.

41. Тепловой поток. Уравнение теплопроводности, краевые условия. Стационарная теплопроводность, решение задачи для простейших тел. Объемные и поверхностные источники тепла.

42. Нестационарная теплопроводность. Простейшие задачи для бесконечных и конечных областей. Нелинейная теплопроводность. Автомодельные решения. Тепловые волны. Приближенные численные методы решения.

43. Общие уравнения переноса тепла. Методы подобия и размерности в теории теплообмена. Критерии подобия, критериальные уравнения теплообмена.

44. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции.

45. Теплообмен в ламинарном пограничном слое, трение и теплообмен при обтекании пластины несжимаемой жидкостью.

46. Теплообмен и трение при турбулентном обтекании плоской пластины.

47. Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси.

48. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Режимы кипения. Механизм процесса теплообмена при пузырьковом кипении.

49. Кризис кипения. Механизмы теплообмена при пленочном кипении. Теплопередача при ламинарном и турбулентном движении паровой пленки.

50. Основные законы теплового излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Лучистый теплообмен между телами. Угловые коэффициенты излучения.

51. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах. Особенности излучения газов и паров. Критерий радиационного подобия.