Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Оценочные материалы
по дисциплине
Теория теплофизических свойств веществ

Москва
2024

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Мирошниченко В.И. Идентификатор: R0ce031da-MiroshnichenVI-05c1a7	В.И. Мирошниченко

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Яньков Г.Г. Идентификатор: Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc	Г.Г. Яньков
Заведующий выпускающей кафедрой	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Герасимов Д.Н. Идентификатор: Ra5495398-GerasimovDN-6b58615	Д.Н. Герасимов

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен проводить расчеты теплофизических характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования

ИД-2 Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ1 (Контрольная работа)
2. КМ2 (Контрольная работа)
3. КМ3 (Контрольная работа)
4. КМ4 (Контрольная работа)
5. КМ5 (Контрольная работа)
6. КМ6 (Контрольная работа)
7. КМ7 (Контрольная работа)
8. КМ8 (Контрольная работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 КМ1 (Контрольная работа)
КМ-2 КМ2 (Контрольная работа)
КМ-3 КМ3 (Контрольная работа)
КМ-4 КМ4 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Раздел					
Введение. Термодинамический метод теории теплофизических свойств		+			

Раздел				
Метод статистической термодинамики. Идеальные газы.		+		
Раздел				
Статистическая термодинамика смесей идеальных газов			+	
Раздел				
Термодинамические свойства химически реагирующих систем				+
Вес КМ:	25	25	25	25

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:
КМ-5 КМ5 (Контрольная работа)
КМ-6 КМ6 (Контрольная работа)
КМ-7 КМ7 (Контрольная работа)
КМ-8 КМ8 (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	12	16
Раздел					
Силы межмолекулярного взаимодействия		+			
Раздел					
Термодинамические свойства реальных веществ			+		
Раздел					
Термодинамические свойства реальных смесей				+	
Раздел					
Процессы переноса в газах.					+
Вес КМ:		25	25	25	25

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2$_{ПК-1}$ Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании	Знать: молекулярно-кинетический метод получения коэффициентов переноса термодинамический метод получения теплофизических свойств реальных веществ молекулярно-кинетический метод получения теплофизических свойств идеальных газов основные источники научно-технической информации по теплофизическим свойствам веществ молекулярно-кинетический метод получения теплофизических свойств смесей идеальных газов термодинамический метод	КМ-1 КМ1 (Контрольная работа) КМ-2 КМ2 (Контрольная работа) КМ-3 КМ3 (Контрольная работа) КМ-4 КМ4 (Контрольная работа) КМ-5 КМ5 (Контрольная работа) КМ-6 КМ6 (Контрольная работа) КМ-7 КМ7 (Контрольная работа) КМ-8 КМ8 (Контрольная работа)

		получения теплофизических свойств реальных смесей Уметь: самостоятельно пользоваться справочной литературой и методиками расчета и применять их для решения поставленной задачи выбирать потенциалы межмолекулярного взаимодействия	

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

7 семестр

КМ-1. КМ1

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач.

Краткое содержание задания:
Задачи №1-10

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные источники научно-технической информации по теплофизическим свойствам веществ	1.Задачи №1-10

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 30
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Неправильное решение задач.

КМ-2. КМ2

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач.

Краткое содержание задания:
Задачи № 11-20

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: молекулярно-кинетический метод получения теплофизических свойств идеальных газов	1.Задачи №11-20

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 30
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Неправильное решение задач.

КМ-3. КМ3

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач.

Краткое содержание задания:
Задачи № 21-30

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: молекулярно-кинетический метод получения теплофизических свойств смесей идеальных газов	1.Задачи № 21-30

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 30
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Неправильное решение задач.

КМ-4. КМ4

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач.

Краткое содержание задания:
Задачи № 31-40

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: самостоятельно пользоваться справочной литературой и методиками расчета и применять их для решения поставленной задачи	1.Задачи №31-40

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 30
Описание характеристики выполнения знания: Правильное решение необходимого количества задач.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Неправильное решение задач.

8 семестр

КМ-5. КМ5

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач.

Краткое содержание задания:
Задачи № 41-50

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: выбирать потенциалы	1.Задачи № 41-50

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
межмолекулярного взаимодействия	

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-6. КМ6

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач.

Краткое содержание задания:
Задачи №51-60

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: термодинамический метод получения теплофизических свойств реальных веществ	1.Задачи № 51-60

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-7. КМ7

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач.

Краткое содержание задания:
Задачи № 61-70

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: термодинамический метод получения теплофизических свойств реальных смесей	1.Задачи № 61-70

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-8. КМ8

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задач.

Краткое содержание задания:
Задачи № 71-80

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: молекулярно-кинетический метод	1.Задачи № 71-80

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
получения коэффициентов переноса	

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Каким минимальным объемом исходной экспериментальной информации о термодинамическом поведении вещества необходимо располагать, чтобы на основе соотношений феноменологической термодинамики рассчитать любую термодинамическую функцию этого вещества? Чем определяется точность результатов таких расчетов? Каковы ограничения рассматриваемого подхода?
2. Выведите формулу для расчета адиабатной скорости звука в веществе на основе данных о термическом уравнении состояния и изобарной теплоемкости.

Процедура проведения

Устный ответ на вопросы билета.

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2$_{ПК-1}$ Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании

Вопросы, задания

1.1. Каким минимальным объемом исходной экспериментальной информации о термодинамическом поведении вещества необходимо располагать, чтобы на основе соотношений феноменологической термодинамики рассчитать любую термодинамическую функцию этого вещества? Чем определяется точность результатов таких расчетов? Каковы ограничения рассматриваемого подхода?
2. Изложите общий подход статистической термодинамики к вычислению термодинамических свойств веществ. Какими исходными данными необходимо располагать для проведения таких расчетов? Чем определяется точность их результатов? Сравните этот подход с методом, основанным на применении соотношений феноменологической термодинамики.
3. Выведите формулы для расчета статистической суммы и на этой основе – вкладов в термодинамические функции больцмановского идеального газа от поступательных и внутренних степеней свободы молекул. Укажите границы применимости статистики Больцмана.
4. Проанализируйте характер температурных зависимостей вкладов поступательных и внутренних степеней свободы молекул в термодинамические функции больцмановского идеального газа. Объясните, почему вклады внутренних степеней свободы молекул в термодинамические функции удовлетворяют требованиям теоремы Нернста, а вклады поступательных степеней свободы – не удовлетворяют.
5. Изложите схему классификации электронных состояний атомов и способ подсчета статистических весов энергетических уровней. Объясните, как подсчитать вклад электронных состояний атомов в термодинамические функции одноатомного идеального газа и какая при этом возникает трудность.
6. Изложите схему классификации электронных состояний двухатомных молекул и способ подсчета статистических весов электронных уровней молекул. Покажите, как выглядит колебательно–вращательный спектр двухатомной молекулы, как определяются

предельные колебательные и вращательные квантовые числа и как вычислить электронно–колебательно–вращательную статистическую сумму молекулы.
7. Изложите квантовую теорию вращательного энергетического спектра гомоядерных двухатомных молекул и объясните, почему чистый газ, состоящий из таких молекул, фактически следует рассматривать как смесь.
8. Дайте обоснование применению модели “гармонический осциллятор–жесткий ротатор” для описания колебательно-вращательного энергетического спектра двухатомной молекулы. Объясните, как на основе этой модели вычислить стандартные термодинамические функции двухатомного газа и каково влияние погрешности используемой модели на результаты расчета.
9. Изложите процедуру подсчета числа симметрии молекулы на основе анализа ее вращательной симметрии. Объясните, как и при каких условиях следует использовать эту величину для вычисления стандартных термодинамических функций газа.
10. Выведите формулу для вычисления статистической суммы смеси больцмановских идеальных газов. Покажите как на этой основе подсчитать термодинамические функции рассматриваемой системы. Какие термодинамические функции смеси идеальных газов подчиняются закону Амага, какие – не подчиняются? Приведите соответствующие соотношения.
11. Дайте определение парциальных термодинамических функций компонентов смеси. Совпадают ли эти величины с соответствующими термодинамическими функциями чистых компонентов? Подсчитайте парциальную энергию Гиббса компонента смеси идеальных газов и используя полученное выражение, парциальные объем, энтропию и энтальпию.
12. Выведите общее условие химического равновесия и на этой основе – уравнение химического равновесия в смеси идеальных газов (уравнение изотермы Вант-Гоффа). Объясните, какими исходными данными необходимо располагать, чтобы вычислить термодинамическую константу химического равновесия Кр.
13. Объясните, как рассчитать состав любой химически реагирующей смеси идеальных газов. Приведите примеры.
14. Дайте определение стандартного теплового эффекта химической реакции. Как связана эта величина с температурной зависимостью термодинамической константы химического равновесия? Как она сама зависит от температуры? Как рассчитать эту величину, зная стандартные тепловые эффекты реакций образования реагентов из стандартных веществ?
15. Сформулируйте и обоснуйте закон Гесса. Объясните, как на основе этого закона построить процедуру расчета теплового эффекта любой химической реакции с использованием стандартных тепловых эффектов реакций образования химических соединений из стандартных веществ.
16. Объясните, почему значение термодинамической константы химического равновесия не зависит от выбора начал отсчета стандартных энтропий (или стандартных приведенных энергий Гиббса) реагентов и как это связано с тепловой теоремой Нернста.
17. Постройте диаграммы, иллюстрирующие зависимость от температуры и давления основных термодинамических функций химически реагирующего идеального газа, и дайте соответствующие пояснения. Укажите источники погрешностей расчета этих величин и степень их влияния на результаты расчета.
18. Приведите и обоснуйте наиболее употребительные аналитические соотношения для описания термических уравнений состояний вещества в конденсированном состоянии и в состоянии умеренно сжатого газа. Укажите характерные порядки величин, определяющих поведение вещества в этих состояниях.
19. Постройте диаграммы, иллюстрирующие вид термического уравнения состояния вещества, включая области фазовых переходов. Поясните связь наблюдаемого проведения вещества с влиянием сил межмолекулярного взаимодействия.

20. Дайте определение тройной точки вещества. Изобразите фазовую диаграмму, содержащую тройную точку равновесия газа, жидкой и твердой фаз. Приведите пример вещества, у которого такой тройной точки нет, покажите его фазовую диаграмму и прокомментируйте ее вид. Проведите примеры фазовых диаграмм, в которых имеются тройные точки, связанные с полиморфными превращениями в твердой фазе вещества.

21. Постройте графики, иллюстрирующие поведение энергии Гиббса вещества в окрестности фазового превращения. Что такое стабильные и метастабильные состояния вещества? Приведите примеры. Постройте бинодаль и спинодаль для фазового перехода жидкости – газа. Укажите соотношения, определяющие поведение вещества в критической точке этого фазового перехода.

22. Что такое единое уравнение состояния вещества? Приведите примеры. Покажите, как на основе такого уравнения состояния рассчитать параметры фазового перехода жидкость – газ. Докажите правило Максвелла.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Энергия Гиббса вещества g(T,P) известна. Какие термодинамические свойства этого вещества можно рассчитать?

Ответы:

1. Только термические свойства. 2. Только калорические свойства. 3. Все свойства.

Верный ответ: 3. Все свойства.

2.Уравнение состояния идеального газа $\tilde{v} = \frac{RT}{P}$(где R-универсальная газовая постоянная). Какова размерность объема $\tilde{v}$ в системе СИ?

Ответы:

1. Метры кубические. 2. Сантиметры кубические на грамм 3. Метры кубические на килограмм. 4. Метры кубические на моль.

Верный ответ: 4. Метры кубические на моль.

3.Какое это соотношение Максвелла? $(\frac{\partial s}{\partial p})_T = -(\frac{\partial v}{\partial T})_p$

Ответы:

1. Первое. 2. Второе. 3. Третье. 4. Четвертое

Верный ответ: 4. Четвертое

4.Что называется стандартной термодинамической функцией?

Ответы:

1. Мольная функция идеального газа, взятая при стандартном давлении. 2. Удельная функция идеального газа, взятая при стандартном давлении. 3. Удельная функция реального газа, взятая при стандартном давлении. 4. Мольная функция реального газа, взятая при стандартном давлении.

Верный ответ: 1. Мольная функция идеального газа, взятая при стандартном давлении.

5.Переход от квантовой статистики к статистике Больцмана происходит тем быстрее, чем

Ответы:

1. Больше масса частиц, образующих термодинамическую систему, больше температура системы и меньше плотность. 2. Больше масса, меньше температура и меньше плотность. 3. Больше масса, меньше температура и больше плотность.

Верный ответ: 1. Больше масса частиц, образующих термодинамическую систему, больше температура системы и меньше плотность.

6.Каков порядок характеристической температуры возбуждения электронных степеней свободы у веществ?

Ответы:

1. 0,1 - 10 К. 2. 100 - 1000 К. 3. 10000 - 100000 К.

Верный ответ: 3. 10000 - 100000 К.

7.Обозначение атомного терма $^2P_{\frac{1}{2}}$. Каковы значения квантовых чисел, определяющих орбитальный момент, спин и суммарный момент.

Ответы:

1. 1; 2; 1/2. 2. 2; 1; 1/2. 3. 1; 1/2; 1/2. 4. 1/2; 2; 1.

Верный ответ: 3. 1; 1/2; 1/2.

8.Каково условие модели гармонический осциллятор-жесткий ротатор?

Ответы:

1. Колебания атомов в молекуле отсутствуют. 2. Колебания атомов малы по сравнению с расстоянием между ними. 3. Колебания атомов велики по сравнению с расстоянием между ними.

Верный ответ: 2. Колебания атомов малы по сравнению с расстоянием между ними.

9.Для каких термодинамических функций в смеси идеальных газов выполняется закон Амага?

Ответы:

1. u, h, Cv, Cp. 2. s, h, Cv, Cp. 3. s, g, Cv, Cp. 4. u, s, Cv, Cp.

Верный ответ: 1. u, h, Cv, Cp.

10.От чего зависит энтропия смешения при образовании смеси идеальных газов?

Ответы:

1. От температуры и свойств компонентов смеси. 2. От температуры и состава смеси. 3. От состава смеси. 4. От свойств компонентов смеси.

Верный ответ: 3. От состава смеси.

11.Какое выражение определяет парциальную мольную функцию i-го компонента смеси?

1. $\overline{\psi_i} = (\frac{\partial \psi}{\partial M_i})_{T,P,M_j}$;
2. $\overline{\psi_i} = (\frac{\partial \psi}{\partial X_i})_{T,P,X_j}$;
3. $\overline{\psi_i} = (\frac{\partial \psi}{\partial X_i})_{T,V,X_j}$;

(ψ- полная функция смеси, M_i-масса i-го компонента, X_i- количество молей i-го компонента, P,T,V - давление, температура и полный объем смеси).

Ответы:

1. Выражение 1. 2. Выражение 2. 3. Выражение 3.

Верный ответ: 2. Выражение 2.

12.Выберите выражение, являющееся уравнением равновесия химически реагирующей системы.

1. $\sum_{i=1}^{\vartheta} \quad \tilde{g}_i(T,P) \cdot \vartheta_i = 0,$
2. $\sum_{i=1}^{\vartheta} \quad \overline{g}_i(T,P,x) \cdot \vartheta_i = 0,$
3. $\sum_{i=1}^{\vartheta-1} \quad \overline{g}_i(T,P,x) \cdot \vartheta_i = 0.$

($\tilde{g}_i(T,P)$- мольная энергия Гиббса чистого i-го компонента, $\overline{g}_i(T,P,x)$ - парциальная мольная энергия Гиббса i-го компонента, ϑ_i - стехиометрический коэффициент i-го компонента, ϑ- число компонентов в смеси).

Ответы:

1. Выражение 1. 2. Выражение 2. 3. Выражение 3.

Верный ответ: 2. Выражение 2.

13.Какой смысл имеет обозначение $\Delta H_{f,i}^0(T)$?

Ответы:

1. Тепловой эффект реакции компонентов f и i при температуре T. 2. Тепловой эффект реакции компонентов f и i при температуре, стремящейся к нулю. 3. Стандартный тепловой эффект реакции образования компонента i из стандартных веществ при

температуре T. 4. Стандартный тепловой эффект реакции компонентов f и i при температуре T.

Верный ответ: 3. Стандартный тепловой эффект реакции образования компонента i из стандартных веществ при температуре T.

14.Какое из уравнений является уравнением равновесия в форме изотермы реакции Вант-Гоффа для реакции $2H_2O \rightleftarrows 2H_2 + O_2$?

1. $\frac{x_{H_2} \cdot x_{O_2}}{x_{H_2O}} = \frac{K_p}{P}$,
2. $\frac{x_{H_2}^2 \cdot x_{O_2}}{x_{H_2O}^2} = \frac{K_p}{P}$,
3. $\frac{x_{H_2}^2 \cdot x_{O_2}}{x_{H_2O}^2} = P \cdot K_p$,

(x_i - мольная доля компонента, $К_р$- константа химического равновесия, P - давление).

Ответы:

1. Уравнение 1. 2. Уравнение 2. 3. Уравнение 3.

Верный ответ: 2. Уравнение 2.

15.Какое из уравнений является уравнением материального баланса для реакции $2H_2O \rightleftarrows 2H_2 + O_2$?

1. $x_O^* = \frac{1}{3} = \frac{2x_{O_2} + x_{H_2O}}{2x_{H_2} + 2x_{O_2} + 3x_{H_2O}}$
2. $x_O^* = \frac{1}{3} = \frac{x_{O_2} + 2x_{H_2O}}{2x_{H_2} + x_{O_2} + 2x_{H_2O}}$,
3. $x_O^* = \frac{1}{3} = \frac{2x_{O_2} + 3x_{H_2O}}{2x_{H_2} + x_{O_2} + 3x_{H_2O}}$.

(x_O^* - атомная доля кислорода, x_i - мольная доля компонента).

Ответы:

1. Уравнение 1. 2. Уравнение 2. 3. Уравнение 3.

Верный ответ: 1. Уравнение 1.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Правильный ответ на теоретический вопрос. Правильное решение задачи. Правильный ответ на дополнительный уточняющий вопрос. Незначительные недочеты в ответах.

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: В основном правильный ответ на теоретический вопрос. В основном правильное решение задачи. В основном правильный ответ на дополнительный уточняющий вопрос. Недочеты в ответах.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: В основном правильный ответ на теоретический вопрос. Неправильное решение задачи, которое в основном исправлено после дополнительного вопроса. Неправильный ответ на теоретический вопрос, исправленный в основном после дополнительного вопроса. В основном правильное решение задачи.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: В основном правильный ответ на теоретический вопрос. Неправильное решение задачи. Неправильный ответ на

теоретический вопрос. В основном правильное решение задачи. Неправильные ответы на дополнительные вопросы.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Постройте диаграммы *v*-*T* и *p*-*T* вещества в области газа (с использованием вириального уравнения состояния вещества), жидкости и фазового превращения жидкость - газ. Постройте кривые инверсии дроссель-эффекта в этих диаграммах.

2. Постройте графики температурных зависимостей второго вириального коэффициента двух газов: молекулы первого из них отталкиваются на всех расстояниях, молекулы второго отталкиваются на малых и притягиваются на больших расстояниях. Объясните физический смысл различия результатов.

Процедура проведения

Устный ответ на вопросы билета

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2$_{ПК-1}$ Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании

Вопросы, задания

1.1. Изобразите диаграммы *z*-*p* и *z*-*r* вещества в области газа, жидкости и фазового превращения жидкость - газ. Покажите, что в области малых плотностей термическое уравнение состояния газа можно представить в виде вириального разложения. Постройте температурные зависимости вириальных коэффициентов. Выведите разложение *z* по степеням давления и выразите коэффициенты этого разложения через вириальные коэффициенты.
2. Постройте диаграммы *v*-*T* и *p*-*T* вещества в области газа (с использованием вириального уравнения состояния вещества), жидкости и фазового превращения жидкость - газ. Постройте кривые инверсии дроссель-эффекта в этих диаграммах.
3. Постройте диаграммы *h*-*T* и *h*-*p* вещества в области газа (с использованием вириального уравнения состояния вещества), жидкости и фазового превращения жидкость-газ. Постройте кривую инверсии дроссель - эффекта в диаграмме *h*-*p*.
4. Дайте определение фугитивности как термодинамической функции вещества. Покажите, как вычислить фугитивности газа(идеального и реального)и вещества в конденсированном (жидком, твердом) состоянии в зависимости от *T* и p.
5. Покажите, как вычислить фугитивность газа и жидкости в зависимости от *T* и r, используя единое уравнение состояния вещества. Как в этом случае формулируются условия фазового равновесия жидкость - газ? Выведите правило Максвелла.
6. Покажите, как вычислить потенциальную энергию взаимодействия двух систем электрических зарядов. Как определяются мультипольные моменты (дипольный,

квадрупольный) и как они связаны с симметрией распределения заряда? Приведите примеры молекул, у которых имеются (либо отсутствуют) дипольный и квадрупольный моменты.
7. Как определяется поляризуемость молекулы? Покажите, как вычислить потенциальную энергию индукционного взаимодействия молекулы с молекулой - источником электрического поля. Как возникает дисперсионное взаимодействие молекул и как зависит потенциальная энергия этого взаимодействия от расстояния между молекулами и от их поляризуемостей?
8. Приведите примеры потенциальных функций, с помощью которых описывают энергии межмолекулярного взаимодействия. Какие характерные параметры, определяющие межмолекулярное взаимодействие, входят в эти функции, и каковы порядки их величин? Можно ли, зная, как взаимодействуют две молекулы, описать взаимодействие между несколькими такими молекулами?
9. Покажите, как вычислить вириальные коэффициенты вещества, если известны потенциалы межмолекулярного взаимодействия. Соответствуют ли получающиеся в результате теоретического расчета температурные зависимости вириальных коэффициентов экспериментальным
данным и физическому смыслу? Объясните, как составить таблицы безразмерных вириальных коэффициентов и зачем это нужно.
10. Объясните, что такое термодинамическое подобие веществ, и сформулируйте закон соответствнных состояний. Дайте молекулярное обоснование этому закону. Покажите, какие молекулярные условия должны быть выполнены, чтобы вещества были термодинамически подобны. По каким причинам точное термодинамическое подобие веществ не встречается? Как можно сформулировать "расширенный" закон соответственных состояний, пригодный для достаточно широкого круга веществ?
11. Выведите формулы для вычисления локальных плотности, скорости течения и температуры неравновесного газа, тензора давления и плотности теплового потока на основе функции распределения молекул. Чему оказываются равными эти величины, если газ находится в состоянии термодинамического равновесия?
12. Дайте определения основных параметров, используемых для описания парных упругих столкновений молекул, дифференциального и газокинетических сечений столкновений. Запишите кинетическое уравнение Больцмана и дайте объяснение входящим в него величинам. Каковы границы применимости этого уравнения? Обсудите возможности обобщения уравнения Больцмана.
13. Проанализируйте зависимости коэффициентов переноса разреженного газа, вытекающие из решения кинетического уравнения Больцмана, от параметров состояния газа и свойств молекул. Соответствуют ли эти результаты экспериментальным данным? Как рассчитать таблицы безразмерных усредненных сечений столкновений молекул и как их использовать для вычисления коэффициентов переноса газов по молекулярным данным?
14. Постройте диаграммы, изображающие зависимости коэффициентов вязкости и теплопроводности вещества от его параметров состояния. Укажите области параметров, в которых расчет этих величин можно выполнить на основе решения уравнения Больцмана. Какие особенности возникают в процессах переноса, если у молекул имеются внутренние степени свободы?
15. Дайте общее определение идеального раствора и выведите формулы для вычисления его термодинамических функций. Объясните, почему эта модель не описывает поведения большинства реальных смесей веществ. Что такое избыточные термодинамические функции и как они связаны с эффектами смешения (объемным, тепловым и т.д.)? Какова физическая природа этих величин? Проиллюстрируйте рассматриваемые эффекты на примере смеси реальных разреженных газов.

16. Сформулируйте общее определение парциальных термодинамических функций компонентов смеси. Объясните, какова роль этих величин в термодинамике растворов. Покажите, как их вычислить, если известна зависимость соответствующей термодинамической функции раствора от его состава. Проиллюстрируйте это правило графически для бинарной смеси. Каковы формулы для вычисления парциальных термодинамических функций компонентов идеальной смеси? Что следует изменить в этих формулах, чтобы сделать их пригодными для описания свойств реального раствора?
17. Выведите условия фазового равновесия в многокомпонентной системе. Сформулируйте правило фаз Гиббса и продемонстрируйте его применение для анализа фазовых равновесий. Выведите уравнения материального баланса для многокомпонентной гетерогенной системы. Выполните анализ системы уравнений для расчета состава такой системы. Сколько и каких независимых параметров, определяющих состояние системы в целом, следует задать, чтобы однозначно определить ее состав?
18. Выполните расчет параметров равновесия жидкость - газ в бинарной смеси, предполагая, что газовая фаза - смесь идеальных газов, а жидкая фаза - идеальный раствор. Вычислите параметры, характеризующие состояния начала кипения и начала конденсации смеси, а также составы и доли сосуществующих фаз в области фазового равновесия. Постройте графики, иллюстрирующие полученные результаты. Как изменятся эти результаты, если отказаться от предположения об идеальности раствора?
19. Постройте диаграммы, изображающие фазовое равновесие жидкость - газ в бинарном растворе, используя координаты *p-T, p-x, T-x.* На основе этих диаграмм объясните, как происходит процесс парообразования (конденсации), как определить составы и доли сосуществующих в равновесии фаз. Продемонстрируйте критические явления в растворе.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Какие из перечисленных молекул полярные?

1. O_2
2. H_2O (молекула нелинейная)
3. OH
4. CO_2 (молекула линейная)
5. NO_2 (молекула нелинейная)

Ответы:

1. 2, 3, 5 2. 2, 3, 4, 5 3. 2, 4, 5 4. Все

Верный ответ: 1. 2, 3, 5

2.При взаимодействии двух полярных молекул, находящихся на большом по сравнению с их размерами расстоянии, дипольные моменты молекул параллельны и направлены в одну сторону. Энергия диполь-дипольного взаимодействия будет

Ответы:

1. Положительна 2. Отрицательна

Верный ответ: 1. Положительна

3.Диполь-дипольная составляющая парного дисперсионного взаимодействия

Ответы:

1. Положительна и обратно пропорциональна шестой степени расстояния между частицами. 2. Отрицательна и обратно пропорциональна шестой степени расстояния между частицами. 3. Положительна и обратно пропорциональна восьмой степени расстояния между частицами. 4. Отрицательна и обратно пропорциональна восьмой степени расстояния между частицами.

Верный ответ: 2. Отрицательна и обратно пропорциональна шестой степени расстояния между частицами.

4.Потенциал парного взаимодействия Ленарда-Джонса хорошо описывает взаимодействие

Ответы:

1. Всех частиц 2. Только полярных частиц 3. Только сферически симметричных частиц

Верный ответ: 3. Только сферически симметричных частиц

5.Второй вириальный коэффициент для газа, частицы которого взаимодействуют как твердые сферы, будет

Ответы:

1. Положительным 2. Отрицательным 3. Отрицательным при низких температурах и положительным при высоких.

Верный ответ: 1. Положительным

6.Каким должен быть показатель степени у парного потенциала точечные центры отталкивания $\Phi_2(r) = \frac{d}{r^\delta}$, чтобы можно было вычислить второй вириальный коэффициент?

1. $\delta \geq 3$
2. $\delta \leq 3$
3. $\delta > 3$
4. $\delta < 3$

Ответы:

1. Вариант 1 2. Вариант 2 3. Вариант 3 4. Вариант 4

Верный ответ: 3. Вариант 3

7.Два различных вещества, состоящих из сферически симметричных частиц, имеют одинаковые безразмерные потенциалы парного взаимодействия. При каких температурах термодинамическое подобие веществ будет нарушаться в большей степени?

Ответы:

1 При низких температурах. 2. При высоких температурах.

Верный ответ: 1 При низких температурах.

8.Какая из перечисленных функций идеальной смеси подчиняется закону Амага?

1. $\tilde{h}(T, P, x)$ - мольная энтальпия смеси.
2. $\tilde{s}(T, P, x)$ - мольная энтропия смеси.
3. $\tilde{g}(T, P, x)$ - мольная энергия Гиббса смеси.

Ответы:

1. Вариант 1. 2. Вариант 2. 3. Вариант 3.

Верный ответ: 1. Вариант 1.

9.Сколько независимых переменных описывают состояние бинарной трехфазной системы?

Ответы:

1. 0 2. 1 3. 2 4. 3

Верный ответ: 2. 1

10.Чему равен состав жидкой фазы бинарного раствора с валовым составом x в точке начала кипения?

Ответы:

1. x 2. 1-x 3. 1 4. 0

Верный ответ: 1. x

11.Можно ли “разогнать” (выделить компоненты в чистом виде путем осуществления процессов испарения и конденсации) бинарный азеотропный раствор?

Ответы:

1. Можно. 2. Нельзя.

Верный ответ: 2. Нельзя.

12.Какая из приведенных формул позволяет посчитать среднее локальное значение молекулярного
признака $\psi(t,\vec{c},\vec{r})$?

1. $\overline{\psi}(t,\vec{r}) = n(t,\vec{r})\int_{(\infty)} \psi(t,\vec{c},\vec{r})f(t,\vec{c},\vec{r})d\,^3r$
2. $\overline{\psi}(t,\vec{r}) = \frac{1}{n(t,\vec{r})}\int_{(\infty)} \psi(t,\vec{c},\vec{r})f(t,\vec{c},\vec{r})d\,^3r$

($f(t,\vec{c},\vec{r})$ - одночастичная функция распределения, $n(t,\vec{r})$ - локальная плотность частиц, t - время, $\vec{c}$- скорость, $\vec{r}$- координата частицы)

Ответы:

1. Вариант 1. 2. Вариант 2.

Верный ответ: 2. Вариант 2.

13.Тепловой поток в чистом равновесном газе

Ответы:

1. Отличен от нуля. 2. Равен нулю.

Верный ответ: 2. Равен нулю.

14.Угол рассеяния при парном столкновении зависит от

Ответы:

1. Относительной скорости частиц, прицельного параметра и потенциала взаимодействия. 2. Относительной скорости и потенциала взаимодействия. 3. Прицельного параметра и потенциала взаимодействия.

Верный ответ: 1. Относительной скорости частиц, прицельного параметра и потенциала взаимодействия.

15.Решение Чепмена-Энскога уравнения Больцмана справедливо при значениях числа Кнудсена Kn

Ответы:

1. Kn значительно больше 1. 2. Kn равен 1. 3. Kn Значительно меньше 1.

Верный ответ: 3. Kn Значительно меньше 1.

16.Коэффициент теплопроводности разреженного одноатомного газа с увеличением давления

Ответы:

1. Увеличивается. 2. Уменьшается. 3. Не зависит от давления.

Верный ответ: 3. Не зависит от давления.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: Правильный ответ на теоретический вопрос. Правильное решение задачи. Правильный ответ на дополнительный уточняющий вопрос. Незначительные недочеты в ответах.

Оценка: 4 («хорошо»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: В основном правильный ответ на теоретический вопрос. В основном правильное решение задачи. В основном правильный ответ на дополнительный уточняющий вопрос. Недочеты в ответах.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: В основном правильный ответ на теоретический вопрос. Неправильное решение задачи, которое в основном исправлено после дополнительного вопроса. Неправильный ответ на теоретический вопрос, исправленный в основном после дополнительного вопроса. В основном правильное решение задачи.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: В основном правильный ответ на теоретический вопрос. Неправильное решение задачи. Неправильный ответ на теоретический вопрос. В основном правильное решение задачи. Неправильные ответы на дополнительные вопросы.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка определяется как средняя из оценок семестровых.