

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Цифровое проектирование объектов энергетики

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Спецглавы термодинамики**

**Москва
2025**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Милютин В.А.
	Идентификатор	R2a4a9cc2-MiliutinVA-776b5a5a

В.А.
Милютин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Геллер Ю.А.
	Идентификатор	Rd15fd2d3-GellerYA-54f8e43b

Ю.А.
Геллер

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.
Шацких

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-4 Способен к проведению расчетно-теоретических исследований теплогидравлических процессов объектах профессиональной деятельности
- ИД-1 Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. "Расчет термодинамических свойств и констант равновесия смесей идеальных газов" (Контрольная работа)
2. "Характеристические функции. Расчет термодинамических функций." (Контрольная работа)
3. «Обратимые гальванические элементы и магнитные системы. Поверхностные явления. Уравнения состояния и термодинамические свойства веществ в поле силы тяжести» (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. "Расчет термодинамических параметров диссоциирующих газов при высоких температурах" (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- | | |
|------|---|
| КМ-1 | "Характеристические функции. Расчет термодинамических функций." (Контрольная работа) |
| КМ-2 | "Расчет термодинамических свойств и констант равновесия смесей идеальных газов" (Контрольная работа) |
| КМ-3 | "Расчет термодинамических параметров диссоциирующих газов при высоких температурах" (Расчетно-графическая работа) |
| КМ-4 | «Обратимые гальванические элементы и магнитные системы. Поверхностные явления. Уравнения состояния и термодинамические свойства веществ в поле силы тяжести» (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
Простые и сложные термодинамические системы					
Простые и сложные термодинамические системы	+				
Идеальный газ. Химическая термодинамика. Гальванические элементы					
Идеальный газ			+	+	+
Химическая термодинамика			+	+	+
Гальванические элементы			+	+	+
Поверхностные явления. Магнетики					
Поверхностные явления					+
Магнетики					+
Уравнения состояния. Газ, жидкость в поле сил тяжести					
Уравнения состояния					+
Газ, жидкость в поле сил тяжести					+
Вес КМ:		20	20	35	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-4	ИД-1ПК-4 Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности	Знать: Термодинамический анализ химически реагирующих систем, обратимых гальванических элементов, магнитных систем; способы получения сверхнизких температур; Математический аппарат для сложных термодинамических систем; Основные методы создания уравнений состояния для расчета термодинамических параметров чистых веществ и их смесей для инженерных приложений; анализ термодинамических систем в метастабильном состоянии, в поле тяжести Уметь: Рассчитывать	КМ-1 "Характеристические функции. Расчет термодинамических функций." (Контрольная работа) КМ-2 "Расчет термодинамических свойств и констант равновесия смесей идеальных газов" (Контрольная работа) КМ-3 "Расчет термодинамических параметров диссоциирующих газов при высоких температурах" (Расчетно-графическая работа) КМ-4 «Обратимые гальванические элементы и магнитные системы. Поверхностные явления. Уравнения состояния и термодинамические свойства веществ в поле силы тяжести» (Контрольная работа)

		термодинамических свойств сложных термодинамических систем	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. "Характеристические функции. Расчет термодинамических функций."

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: На занятии проводится контрольная работа с выдачей билетов.

Краткое содержание задания:

1.1. Является ли функция $p = p(H, S, X)$ характеристической? Если она является таковой, записать все термодинамические функции:
 $p, T, X, \xi, V, S, U, H, H^*, F, \Phi, \Phi^*$.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Математический аппарат для сложных термодинамических систем;	1. Что такое полная производная функции нескольких переменных? 2. Взаимно записать термодинамические функции: внутреннюю энергию U , энтальпию H , обобщенную энтальпию H^* , энергию Гельмгольца F , энергию Гиббса Φ , обобщенную энергию Гиббса Φ^* 3. Что такое в термодинамике характеристическая функция?

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-2. "Расчет термодинамических свойств и констант равновесия смесей идеальных газов"

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: На занятии проводится контрольная работа с выдачей билетов.

Краткое содержание задания:

1. Рассчитать удельные энтальпии, энтропию, изобарной теплоемкости смеси азота и кислорода, если молярная концентрация $x_{N_2}^{N_2} = 0,65$.
2. На сколько необходимо повысить температуру, чтобы степень диссоциации A_2^2 (реакция $A_2^2 = 2 \cdot A_1^1$) увеличилась на 9,0%, если при $T_1^1 = 1500$ К теплота диссоциации $\Delta H(T_1) = 250$ кДж/моль, а степень диссоциации $\alpha = 0,10$. Условие нагрева изобарное при $p = 1,2$ бар. Рассчитать константу равновесия химической реакции $K(T)$ для первой точки, если $p = 1$ атм. Считать, что $\Delta_r C_p^p(T_1^1) = 0$

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Термодинамический анализ химически реагирующих систем, обратимых гальванических элементов, магнитных систем; способы получения сверхнизких температур;	1.Что такое идеальный газ? 2.Как вычисляется внутренняя энергия идеального газа? Из каких составляющих она складывается? 3.Что такое тепловой эффект реакции? Связь его с первым законом термодинамики. 4.Как тепловой эффект реакции зависит от температуры? 5.Что такое константа термодинамического равновесия химической реакции? Какие константы Вы знаете? 6.От каких параметров зависят константы равновесия химических реакций? 7.Что такое диссоциация молекул? Что такое степень диссоциации?

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-3. "Расчет термодинамических параметров диссоциирующих газов при высоких температурах"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выдается индивидуальное задание. По нему производится расчет термодинамических свойств (энтальпии, энтропии, изобарной теплоемкости, работы расширения и теплоты) с привлечением справочной информации. Расчет выполняется в математической среде. Результаты в виде отчета сдаются на проверку.

Краткое содержание задания:

Идеально- газовая система эволюционирует в изобарическом процессе при давлении p от температуры T до T . Определить мольные (на 1 моль или кмоль исходного вещества в исходном состоянии) и удельные термодинамические свойства газа: объем, изобарную теплоемкость и энтропию в этих состояниях с учетом возможной его диссоциации.

Найти удельные и мольные работу и теплоту в обратимом процессе. Сравнить с теплотой

процесса, если не учитывать диссоциацию. Исходное вещество, параметры точек 1 и 2, формула

реакции диссоциации приведены в табл. №1. Найти также парциальное давление компонента

K (см. табл. №1) в конце процесса.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Термодинамический анализ химически реагирующих систем, обратимых гальванических элементов, магнитных систем; способы получения сверхнизких температур;	1. Дать определение степени диссоциации. 2. Как рассчитывается тепловой эффект реакции диссоциации? 3. Что такое парциальное давление?

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-4. «Обратимые гальванические элементы и магнитные системы.

Поверхностные явления. Уравнения состояния и термодинамические свойства веществ в поле силы тяжести»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: На занятии проводится контрольная работа с выдачей билетов.

Краткое содержание задания:

1. Водяной пар находится при температуре 70°C в метастабильном состоянии. Степень пересыщения пара $s = 1,06$. Найти переохлаждение пара Δt , критический радиус капли $R_{кр}$. Изобразить точки в p, t - и t, s - диаграммах.
2. Гальванический элемент (ГЭ) работает за счет реакции $2\text{Ag} + \text{HgCl} = 2\text{AgCl} + 2\text{Hg}$. ЭДС ГЭ равна $E = -0,0556 + 3,388 \cdot 10^{-4} \cdot T$, В. Найти количество тепла, поглощающегося при работе этого элемента, и изменение энтропии в результате реакции.
3. Показать, чему равна разность теплоемкостей $c - c$ для парамагнетика, подчиняющегося закону Кюри.
4. Определить температуру кипения воды на высоте 3,4 км. Если параметры воздуха на земле: температура $t_0^0 = -5^{\circ}\text{C}$, барометрическое давление $B = 734$ мм рт. ст.; градиент температуры по высоте $\beta = -0,0065 \frac{\text{K}}{\text{м}}$.
5. Используя усеченное вириальное уравнение состояния со вторым вириальным коэффициентом $B(x, T)$, рассчитать v для $p = 3$ бар и $T = 400$ К. Дана смесь N_2^2 и Ar . Использовать потенциал Леннарда - Джонса. Константы: азот $\frac{\varepsilon}{k} = 95,05\text{K}$, $\sigma = 3,698\text{Å}$; аргон $\frac{\varepsilon}{k} = 119,8\text{K}$, $\sigma = 3,405\text{Å}$.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные методы создания уравнений состояния для расчета термодинамических параметров чистых веществ и их смесей для инженерных приложений; анализ термодинамических систем в метастабильном состоянии, в поле тяжести	1. Газ в поле силы тяжести. Как определяется давление атмосферы по высоте от земли? 2. Вириальное уравнение состояния для индивидуальных газов и смесей. Модельные потенциалы. Потенциал Леннарда -Джонса. 3. Кубические уравнения состояния.
Знать: Термодинамический анализ химически реагирующих систем, обратимых гальванических элементов, магнитных систем; способы получения сверхнизких температур;	1.1 и 2-й законы Фарадея для электролитов. 2. Первый закон термодинамики и термодинамическое тождество для гальванического элемента. 3. Работа гальванического элемента.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Рассчитывать термодинамических свойств сложных термодинамических систем	1. Термодинамические соотношения для магнетиков. 2. Работа, совершаемая магнитным полем при увеличении намагниченности магнетика. 3. Формулы Кюри (идеальный парамагнетик), Кюри – Вейса для парамагнетиков. 4. Уравнения Пойнтинга, Лапласа для фаз с разным давлением. 5. Соотношения для критических радиусов пузырька и капли.

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

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Процедура проведения

Экзамен проводится устно. Выдается билет, содержащий три вопроса по курсу дисциплины: два теоретических и задача. На подготовку дается один астрономический час.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-4 Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности

Вопросы, задания

- 1.1. Определения. Термодинамическая система. Окружающая среда. Открытая, закрытая, изолированная термодинамические системы. Интенсивные и экстенсивные термодинамические параметры. Удельные и мольные величины. Условие полного первого дифференциала функции нескольких переменных.
2. Зависимость константы равновесия от температуры $d[\ln K_p^p]/dT$. Уравнение Вант-Гоффа.
3. Водяной пар находится при температуре 80°C в метастабильном состоянии. Чему равно пересыщение пара $s = \frac{p}{p_{ss}^s(t)}$, если критический диаметр капли $d = 0,006$ мкм?
Определить переохлаждение пара. Изобразить точки в p,t- и t,s- диаграммах.
2. Определения. Термодинамическая система. Открытая, закрытая, изолированная термодинамические системы. Интенсивные и экстенсивные термодинамические параметры. Удельные и мольные величины.
3. Некоторый математический аппарат. Свойства функций состояний. Условия полного первого дифференциала функции нескольких переменных.
4. Работа в термодинамике. Работа расширения. Иные виды работ. Обобщенные силы и обобщенные координаты. Теплота в термодинамике, знак теплоты. Простая и сложная термодинамические системы.
5. Первый закон термодинамики (IЗТ). Математическая формулировка IЗТ для внутренней энергии U.
6. Второй закон термодинамики (IIЗТ). Математическая формулировка IIЗТ.
7. Математические формулировки для внутренней энергии U. Обобщение IЗТ и IIЗТ для закрытой системы. Термодинамическое тождество. Простая и сложная термодинамические системы.
8. Термодинамические функции: энергия Гельмгольца F, энергия Гиббса Φ, обобщенная энтальпия Н*, обобщенная энергия Гиббса Φ*. Обобщение IЗТ и IIЗТ для Н, Н*, F, F, F* для закрытых систем. Обобщение IЗТ и IIЗТ для удельных величин u, h, h*, f, φ, φ*.
9. Условия эволюции и равновесия закрытой простой и сложной термодинамических систем, при разных условиях сопряжения с окружающей средой.
10. Термодинамическое тождество для закрытых систем для Н, Н*, F, F, F* и их удельных величин. Характеристические функции, характеристические переменные. Принцип построения характеристических функций. Термодинамические потенциалы U, Н, F, Φ. Изотермическая обратимая система, F.

11. Химический потенциал для чистого вещества. Обобщение $IЗТ$ и $IIЗТ$ для открытой системы. Формы термодинамического тождества при переменном количестве вещества в системе (открытая система). Термодинамическое тождество для удельных величин.
12. Условия фазового равновесия сложной термодинамической системы. Энергия поверхности раздела фаз равна нулю. Изолированная система.
13. Термодинамические свойства смеси идеальных газов (ИГ). Описание состава смеси. Мольная и массовая концентрация смеси. Кажущаяся мольная масса смеси, ее зависимость от состава.
14. Термодинамические параметры смеси идеальных газов.
15. Тепловые эффекты реакций ($T, V = \text{const}$; $T, p = \text{const}$). Закон Гесса, 5-ть следствий. Соотношение между тепловыми эффектами реакции Q и Q .
16. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Кирхгофа.
17. Зависимость константы равновесия от температуры $d [\ln K]/dT$. Уравнение Вант-Гоффа
18. Диссоциация молекул. Формула константы равновесия для диссоциации сложной молекулы на простые молекулы через константы равновесия диссоциации простых молекул на элементы (атомы).
19. Степень диссоциации $\alpha(p, T)$. Соотношения между степенью диссоциации и химической переменной.
20. Термодинамические соотношения для диссоциации типа $A = 2A$
21. Поверхностные явления. Физическая картина в жидкости на границе раздела фаз. Свойства поверхности раздела фаз. Внутреннее давление в жидкости.
22. Избыточная энергия молекул жидкости на поверхности раздела фаз. Поверхностное натяжение. Работа сил поверхностного натяжения. Основные термодинамические соотношения для поверхности: U, S, H, H^*, F, F^*, C .
23. Условия фазового равновесия в изолированной системе с учётом свойств поверхности раздела фаз.
24. Фазовое равновесие при неодинаковом давлении фаз, изотермическая система. Уравнение Пойнтинга Д.Г. для двух фаз.
25. p, T – диаграммы для двухфазного состояния. Анализ графиков (первая, вторая производные).
26. Фазовое равновесие при искривлённой поверхности раздела фаз. Избыточное давление под искривлённой поверхностью раздела фаз, уравнение Лапласа.
27. Конденсация. Критический радиус капли (зародыша конденсации). Вывод формулы из условия равновесия внешних и внутренних сил на поверхности капли. Условие роста капли.
28. Метастабильность. T, s ; p, v ; p, t – диаграммы для метастабильных состояний (перегретая жидкость, переохлажденный пар). Достижение метастабильного состояния в процессах $p = \text{const}$, $t = \text{const}$, $s = \text{const}$. Пересыщение пара s , перегрев жидкости, переохлаждение пара Δt .
29. Метастабильное состояние. Условие устойчивости термодинамической системы. Области устойчивости и неустойчивости в T, s - и p, v - диаграммах, математические выражения. Спинодаль, бинадаль. Устойчивая, метастабильная и неустойчивая области для уравнения состояния Ван-дер-Ваальса. Отрицательные значения давления жидкости – растянутые состояния жидкости.
30. Конденсация пара в объеме. Критический радиус капли, формула давления пара как функция критического диаметра капли. Критический радиус капли в зависимости от степени пресыщения пара. Степень переохлаждения.
31. Кипение. Критический радиус пузырька (зародыша парообразования). Формула Томпсона для критического радиуса пузырька от перегрева жидкости.

32. Электрохимия. Электролиз. Гальванические элементы. Обратимые (ГЭ Даниэля) и необратимые (ГЭ Вольта). Нормальный элемент Винстона. Принцип действия гальванического элемента на примере ГЭ Даниэля.
33. Работа гальванического элемента, удельное и мольное значение этой величины. Уравнения Гиббса – Гельмгольца для простой и сложной систем.
34. Основные термодинамические соотношения для гальванических элементов. Изохоро – изотермическая и изобаро – изотермическая системы. Анализ эффективности топливных элементов. Зависимость КПД $= L^*/Q$ от производной ЭДС ГЭ по температуре dE/dT . Основные соотношения.
35. Уравнения состояния (УС) для чистых веществ. Вириальное УС. Потенциал Леннарда – Джонса. Кубические УС. УС Ван-дер-Ваальса. Закон соответственных состояний. Обобщенный закон соответственных состояний. Принцип соответственных состояний.
36. Уравнения состояния для газовых смесей. Условие фазового равновесия для многокомпонентной системы. Правило фаз Гиббса.
37. Магнетики. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Температурная зависимость удельной магнитной восприимчивости от температуры. Диаграммы.
38. Термодинамические соотношения для магнетиков. Работа, совершаемая магнитным полем при увеличении намагниченности магнетика.
39. Теплоемкость магнетиков. Магнитокалорический эффект в парамагнетике. Оценка температуры, достигнутой при размагничивании образца.
40. Газ, жидкость в поле сил тяжести (в поле тяготения). Измерение критического объема.
41. Барометрическая формула для $T = \text{const}$ и для $T = T + b \cdot z$ ($b = -6,5 \text{ K/км}$).

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Укажите правильное выражение для первого закона термодинамики.

Ответы:

1. $dq = du - dl$
2. $dq = du + dl$
3. $dq = dh + v \cdot dp$
4. $dq = dh + v \cdot dp + dl_{\text{трения}}^{\text{трения}}$

Верный ответ: 2.

2. Назвать направление эволюции изолированной неравновесной термодинамической системы (ТС).

Ответы:

1. Уменьшение внутренней энергии ТС U .
2. Увеличение энтальпии ТС H .
3. Уменьшение энергии Гиббса ТС Φ .
4. Увеличение энтропии S .
5. Уменьшение энергии Гельмгольца F .

Верный ответ: 4.

3. Что является условием фазового равновесия для сложной изолированной термодинамической системы? Энергия поверхности раздела фаз равна нулю.

Ответы:

Индексы 1 и 2 - соответственно, 1-я и 2-я фазы.

1. Давления $p_1^1 = p_2^2$, температуры $T_1^1 = T_2^2$, обобщенные силы работы $L^* \xi_1^1 = \xi_2^2$, обобщенные химические потенциалы $\phi_1^1 = \phi_2^2$.
2. Давления $p_1^1 = p_2^2$, удельные объемы $v_1^1 = v_2^2$, обобщенные силы работы $L^* \xi_1^1 = \xi_2^2$, удельные энтальпии $h_1^1 = h_2^2$.
3. Давления $p_1^1 = p_2^2$, удельные внутренние энергии $u_1^1 = u_2^2$, обобщенные координаты работы $L^* x_1^1 = x_2^2$, удельные энтропии $s_1^1 = s_2^2$.

4. Давления $p_1^1 = p_2^2$, температуры $T_1^1 = T_2^2$, обобщенные координаты работы $L^* x_1^1 = x_2^2$, удельные энтальпии $h_1^1 = h_2^2$.

Верный ответ: 1.

4. Из каких составляющих складывается внутренняя энергия идеального газа. Трехатомная молекула.

Ответы:

1. Из энергии поступательного, вращательного движений, потенциальной энергии взаимодействия молекул.
2. Из энергии поступательного, вращательного и колебательного движений молекул.
3. Из энергии движения газа и потенциальной энергии взаимодействия молекул.
4. Из энергии поступательного и вращательного движений молекул.

Верный ответ: 2.

5. Закон Гесса является следствием какого фундаментального закона физики.

Ответы:

1. Закона сохранения импульса (2-го закона Ньютона).
2. Закона сохранения массы закрытой системы.
3. 1-го закона термодинамики.
4. 2-го закона термодинамики.
5. Закона сохранения равенства потенциалов консервативной системы.

Верный ответ: 3.

6. От каких параметров зависит константа равновесия химической реакции идеальных

газов $K_p^p p_p (T) = \frac{(\frac{p_1^1}{p_0^0}) \cdot \dots \cdot (\frac{p_j^j}{p_0^0})}{(\frac{p_1^1}{p_0^0}) \cdot \dots \cdot (\frac{p_i^i}{p_0^0})} ?$

Ответы:

1. От давлений p_j^j и p_i^i .
2. От давления системы p и температуры T .
3. От температуры системы.
4. Не от чего не зависит.

Верный ответ: 3.

7. Реакция диссоциации $A = \nu_B^B \cdot B + \nu_C^C \cdot C$. Что такое степень диссоциации молекул вещества?

Ответы:

1. Отношение количества прореагировавших молекул А $\Delta N_A^A = N_0^0 - N_A^A$ к их исходному количеству N_0^0 : $\alpha = \frac{\Delta N_A^A}{N_0^0}$.
2. Отношение количества прореагировавших молекул А $\Delta N_A^A = N_0^0 - N_A^A$ к их текущему количеству N_A^A : $\alpha = \frac{\Delta N_A^A}{N_A^A}$.
3. Отношение возникших молекул В N_B^B и С N_C^C к текущему количеству молекул А N_A^A : $\alpha = \frac{N_B^B + N_C^C}{N_A^A}$.
4. Отношение возникших молекул В N_B^B и С N_C^C к исходному количеству молекул А N_0^0 : $\alpha = \frac{N_B^B + N_C^C}{N_0^0}$.

Верный ответ: 1.

8. Чем вызвано поверхностное натяжение на поверхности раздела фаз?

Ответы:

1. Разницей температур жидкости и пара.
2. Повышенным давлением жидкости по сравнению с давлением пара.

3. Избыточной энергией молекул жидкости на поверхности по сравнению с энергией молекул внутри жидкости.

4. Разницей плотностей жидкости и пара.

Верный ответ: 3.

9. Если радиус R образовавшегося в жидкости пузыря будет больше критического радиуса $R_{кр}^{кр}$ ($R > R_{кр}^{кр}$), то что будет происходить с зародышем газовой фазы?

Ответы:

1. Ничего не будет происходить.

2. Пузырь начнет конденсироваться.

3. Пузырь начнет расти.

4. Пузырь исчезнет.

Верный ответ: 3.

10. Определите влияние переохлаждения пара $\Delta t_{переохл}^{переохл}$ на критический радиус $R_{кр}^{кр}$ капли.

Ответы:

1. Чем больше переохлаждение пара, тем больше критический радиус $R_{кр}^{кр}$ капли.

2. Чем меньше переохлаждение пара, тем больше критический радиус $R_{кр}^{кр}$ капли.

3. Переохлаждение пара не влияет на критический радиус $R_{кр}^{кр}$ капли.

4. Переохлаждение пара влияет на критический радиус $R_{кр}^{кр}$ капли только при низких давлениях.

Верный ответ: 2.

11. Дайте определение спинодали.

Ответы:

1. Спинодаль ограничивает термодинамическую поверхность, внутри которой невозможно существование однофазного состояния.

2. На спинодале происходит фазовый переход от чисто жидкого состояния к чисто газовому.

3. На спинодале энтальпия жидкости равна энтальпии пара.

4. На спинодале сравниваются энтропии жидкой и газобразной фаз.

Верный ответ: 1.

12. Что такое обратимый гальванический элемент?

Ответы:

1. Гальванический элемент, у которого внутреннее сопротивление равно нулю.

2. Гальванический элемент, у которого при зарядке химические процессы обращаются в обратную сторону по сравнению с разрядкой.

3. Гальванический элемент, у которого емкость равна бесконечности.

4. Гальванический элемент, у которого от времени не разрушаются электроды.

Верный ответ: 2.

13. Вириальное уравнение состояния. Функцией какого параметра для индивидуального вещества являются вириальные коэффициенты?

Ответы:

1. Давления p .

2. Плотности ρ .

3. Летучести f .

4. Температуры T .

5. Внутренней энергии u .

Верный ответ: 4.

14. Формула Кюри для удельной магнитной восприимчивости $\chi = \frac{A}{T}$ (A - константа Кюри, T - температура) выполняется для следующих условий.

Ответы:

1. Для ферромагнетиков при низких температурах и сильных магнитных полях.

2. Для любого магнетика при сверхнизких температурах.
3. Для парамагнетиков при высоких температурах, слабом магнитном поле.
4. Для диамагнетиков при умеренных температурах.

Верный ответ: 3.

15. Барометрическая формула для атмосферы. Какими параметрами определяется давление атмосферы по высоте от земли?

Ответы:

1. В первую очередь наличием атмосферных осадков.
2. Временем суток, солнечной активностью.
3. Температурой земли, составом атмосферы.
4. Загрязнением окружающей среды.
5. Температурой, давлением на поверхности земли.

Верный ответ: 5.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка складывается: $0,6 \cdot \text{Балл текущего контроля} + 0,4 \cdot \text{балл промежуточного контроля}$.