

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Порохня Андрей Александрович

Должность: И.о. директора института перспективной инженерии

Дата подписания: 19.06.2026 13:01:28

Уникальный программный ключ:

990bea3aeec848c23bd8699e48288f8d1960c600

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

и.о. директора Института
перспективной инженерии
канд. техн. наук, доцент,
Порохня А.А

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика и фазовые равновесия в наноразмерных системах

Направление подготовки	28.03.02 Наноинженерия
Направленность (профиль)	Нанотехнологии и наноматериалы
Год начала обучения	2026
Форма обучения	очная
Реализуется в семестре	4-5

Разработано

Доцент департамента
ФМиИК, канд. хим. наук, доцент
Демидова Н.В.

Ставрополь 2026 г.

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины «Термодинамика и фазовые равновесия в наноразмерных системах» – является формирование фундаментальных знаний о термодинамических закономерностях и фазовых переходах в объектах нанометрового диапазона, а также изучение влияния размерных эффектов и поверхностной энергии на стабильность структур в нанотехнологиях.

Задачи освоения дисциплины «Термодинамика и фазовые равновесия в наноразмерных системах»:

- дать студентам основные понятия и законы термодинамики в наноразмерных системах;
- освоить методы термодинамического описания фазовых равновесий наноразмерных систем;
- привить навыки решения задач по разделам термодинамики и фазовым равновесиям наноразмерных систем;
- освоить методы исследования термодинамики и фазовых равновесий в наноразмерных системах.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика и фазовые равновесия в наноразмерных системах» входит в базовую часть. Она изучается в 4-5 семестре после того, как студентами уже были изучены основы общей и неорганической химии.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общетехнических знаний, методов математического анализа и моделирования	ИД-1 _{ОПК-1} Использует математический аппарат, для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности. ИД-3 _{ОПК-1} Использует основные экспериментальные методы определения физико-химических свойств материалов и изделий из них	Углубленно знает основные законы и принципы термодинамики и фазовых равновесий в наноразмерных системах, справляется с написанием уравнений термодинамики, а также детально описывает и интерпретирует фазовые диаграммы. Умеет выполнять основные химические операции Владеет методами физико-химического эксперимента, методами очистки, определения физико-химических свойств и установления структуры соединений.

ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ИД-1_{ОПК-3} Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами ИД-2_{ОПК-3} Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций.	На высоком уровне знает основные принципы и методы планирования эксперимента. Современные физико-химические методы анализа и средства измерений. Теоретические основы термодинамики Профессионально умеет выбирать оптимальные методы измерений и проводить физико-химический эксперимент. Регистрировать показания приборов и вести лабораторный журнал. Проводить математическую обработку данных. На высоком уровне владеет Навыками работы с контрольно-измерительной и лабораторной техникой Навыками графического и табличного представления результатов. Инструментами для составления отчетов и защиты результатов
---	---	--

4. Объем учебной дисциплины (модуля) и формы контроля *

Объем занятий: всего: 12 з.е. 432 астр.ч.	ОФО, в астр. часах
Контактная работа:	272
Лекции/из них практическая подготовка	68
Лабораторных работ/из них практическая подготовка	136
Практических занятий/из них практическая подготовка	68
Самостоятельная работа	106
Формы контроля	
Зачет с оценкой -4 семестр	
Экзамен 5 семестр	

Дисциплина (модуль) предусматривает применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

№			очная форма
---	--	--	-------------

	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	<u>Постулаты и законы химической термодинамики, термодинамические функции и фундаментальные уравнения Гиббса.</u> Первый закон термодинамики. Некруговые процессы. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры. Температурные ряды.	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	6	6	12	10
2.	<u>Термохимия.</u> Закон Гесса. Применение закона Гесса к расчету тепловых эффектов. Уравнение Кирхгофа	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	4	4	10	8
3.	<u>Термодинамическая теория.</u> Второй закон термодинамики. Цикл Карно. Термодинамический КПД. Энтропия. Изменение энтропии как критерий направленности и равновесия в изолированной системе. Статистический характер второго закона термодинамики.	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	6	6	10	8
4.	<u>Термодинамика химического равновесия.</u> Закон действующих масс. Константа равновесия. Факторы, влияющие на равновесие и условия его смещения. Уравнение изотермы реакции. Уравнение изобары реакции. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики.	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	8	8	10	8

5.	<u>Химическая кинетика, кинетические уравнения различных типов реакций, теория кинетики.</u> Формальная кинетика. Скорость химической реакции, ее порядок, молекулярность. Необратимые реакции I, II и n-го порядка. Методы определения порядка реакции. Обратимая реакция. Параллельные реакции. Последовательные реакции. Влияние температуры на скорость реакции. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Фотохимические процессы. Основные законы фотохимии. Квантовый выход. Цепные реакции. Процессы зарождения, развития и обрыва цепи.	ИД-1 _{ОПК-1} , ИД-3 _{ОПК-1} , ИД-1 _{ОПК-3} , ИД-2 _{ОПК-3}	4	4	10	8
6.	<u>Гомогенный и гетерогенный катализ, теории катализа</u> Механизм химических превращений. Теория активных соударений. Теория активированного комплекса. Каталитические реакции. Гетерогенные каталитические процессы. Гомогенные каталитические процессы. Ферментативный катализ. Уравнение Михаэлиса.	ИД-1 _{ОПК-1} , ИД-3 _{ОПК-1} , ИД-1 _{ОПК-3} , ИД-2 _{ОПК-3}	4	4	10	10
ИТОГО за 4 семестр			32	32	64	52
7.	<u>Термодинамика фазовых равновесий. Правило фаз Гиббса и его применение к гетерогенным равновесиям.</u> Термодинамическая теория фазовых равновесий. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Применение правила фаз к однокомпонентным системам. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнение Клаузиуса-Клайперона. Диаграммы состояния воды, двуокиси углерода, серы. Тройная точка. Критические точки. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Сечения при постоянном давлении. Простая эвтектика. Применение правила фаз в различных точках. Правило рычага. Трехкомпонентные системы. Термический анализ.	ИД-1 _{ОПК-1} , ИД-3 _{ОПК-1} , ИД-1 _{ОПК-3} , ИД-2 _{ОПК-3}	8	8	4	10

8.	<u>Термодинамика растворов неэлектролитов</u> Растворы. Основные понятия (на примере двухкомпонентных систем). Способы выражения концентрации. Функции смешения. Интегральные и парциальные величины. Мольная энергия Гиббса раствора и ее зависимость от мольной доли, соответствующая диаграмма. Связь с диаграммами состояния двухкомпонентной системы. Способы выражения химического потенциала. Уравнение Дюгема-Маргулеса, его интегрирование. Коллигативные свойства растворов. Диаграммы давление насыщенного пара - состав в двухкомпонентных системах. Законы Коновалова. Азеотропы. Перегонка. Эбулиоскопия. Криоскопия. Идеальный раствор. Энергия Гиббса, энтальпия, энтропия смешения. Активность. Стандартное состояние-чистый компонент. Законы Рауля и Генри, график общее давление-состав. Уравнение Вант Гоффа, уравнение Шредера.	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	8	8	4	10
9.	<u>Термодинамика растворов электролитов</u> Электролиты. Теории растворов электролитов. Константа и степень диссоциации. Электрическая проводимость растворов электролитов.	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	4	4	4	8
10.	<u>Электрохимия.</u> Электролиз, законы Фарадея. Электрохимический потенциал. Типы потенциалов. Уравнение Нернста. Классификация электродов. Гальванические элементы. ЭДС. Химические и концентрационные цепи.	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	8	8	16	8
11.	<u>Адсорбция.</u> Основные понятия и определения. Количественные способы выражения адсорбции. Теории адсорбции. Адсорбция на пористых адсорбентах. Фундаментальное уравнение адсорбции Гиббса. Свойства ПАВ и ПИВ. Уравнение Шишковского. Поверхностная активность. Особенности адсорбции из растворов.	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	4	4	8	10

12.	Физические методы в химии. Потенциметрия. Кулонометрия. Вольтаперометрия. Газовая и жидкостная хроматография. Колориметрия.	ИД-1ОПК-1, ИД-3ОПК-1, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	4	4	8	10
	ИТОГО за 5 семестр		36	36	72	54
	ИТОГО		68	68	104	106

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине (модулю) базируется на перечне осваиваемых компетенций с указанием индикаторов. ФОС обеспечивает объективный контроль достижения запланированных результатов обучения. ФОС включает в себя:

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций (включаются в методические указания по тем видам работ, которые предусмотрены учебным планом и предусматривают оценку сформированности компетенций);
- типовые оценочные средства, необходимые для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенций.

ФОС является приложением к данной программе дисциплины (модуля).

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина (модуль) построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически заверченный раздел.

Лекционный материал посвящен рассмотрению ключевых, базовых положений курсов и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Борщевский, А. Я. Физическая химия : учебник : в 2 томах. Том 1. Общая и химическая термодинамика / А. Я. Борщевский. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 606 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/19870. - ISBN 978-5-16-018556-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2168878>

2. Истомина, Е. Е. Физическая химия : учебник / Е. Е. Истомина. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 172 с. - ISBN 978-5-9729-1861-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2171830>. – Режим доступа: по подписке.

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1 Физическая химия : практикум / В. А. Черепанов, А. Ю. Зуев, Д. А. Малышкин [и др.] ; под общ. ред. Д. С. Цветкова ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. - 2-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2018. - 128 с. - ISBN 978-5-7996-2428-6. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/1951250> . – Режим доступа: по подписке.

2. Симонов, В. Н. Курс лекций по дисциплине «Физическая химия материалов» : учебное пособие / В. Н. Симонов, Н. И. Артеменко ; под. ред. В. Н. Симонова. - Москва : Издательство МГТУ им. Баумана, 2015. - 69 с. - ISBN 978-5-7038-4122-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2076839> (дата обращения: 15.04.2026). – Режим доступа: по подписке.

3. Афанасьева, М. С. Разработка комплекса учебно-методических материалов для раздела «Фазовое равновесие в двухкомпонентных системах. Часть 1» дисциплины «Физическая химия» для дистанционного обучения : выпускная квалификационная работа / М. С. Афанасьева ; Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, Факультет естественных наук, Кафедра химии. – Тула : , 2016. – 98 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL:

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457841>

4. Тимакова, Е. В. Физическая химия. Сборник заданий с примерами решений : учебное пособие / Е. В. Тимакова, А. А. Казакова. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. - 136 с. - ISBN 978-5-7782-3575-5. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.ru/catalog/product/1869090>. – Режим доступа: по подписке.

5. Методы определения термодинамических характеристик веществ, химических реакций и растворов : учебное пособие / Н.М. Хохлачева, Е.Б. Ильина, Е.Е. Мареечева [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2022 — 194 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/18956. - ISBN 978-5-16-011813-0. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/1852225> . – Режим доступа: по подписке.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

1. <http://www.xumuk.ru>

2. <http://www.chemport.ru>

3. <https://poznayka.org>

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При чтении лекций используется компьютерная техника, демонстрации презентационных мультимедийных материалов. На семинарских и практических занятиях студенты представляют презентации, подготовленные ими в часы самостоятельной работы.

Информационные справочные системы:

Информационно-справочные и информационно-правовые системы, используемые при изучении дисциплины:

электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»

<https://www.biblioclub.ru/>;

электронно-библиотечная система Znanium <https://znanium.com/site/signup>

электронная-библиотечная система IPRbooks – <http://iprbooks.ru/> ;

электронная-библиотечная система Лань – <https://e.lanbook.com/>

- | | |
|---|-----------------|
| 1 | КонсультантПлюс |
| 2 | Техэксперт |

Программное обеспечение:

- 1 Операционная система: Альт Рабочая станция К 10
- 2 Пакет офисных программ - Р7-Офис
- 3 Система автоматизированного проектирования Аскон Компас-3D

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Лабораторные работы	Учебные лаборатории, оснащенные оборудованием и техническими средствами
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и возможностью доступа к электронной информационно-образовательной среде университета

11. Особенности освоения дисциплины (модуля) лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а также в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

- 1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
 - присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
 - письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
 - специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
 - индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
 - при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

- 2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
 - обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
 - обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- 3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
 - по желанию студента задания могут выполняться в устной форме.

12. Особенности реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения

Согласно части 1 статьи 16 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» под *электронным обучением* понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников. Под *дистанционными образовательными технологиями* понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Реализация дисциплины может быть осуществлена с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично. Компоненты УМК дисциплины (рабочая программа дисциплины, оценочные и методические материалы, формы аттестации), реализуемой с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, содержат указание на их использование.

При организации образовательной деятельности с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения могут предусматриваться асинхронный и синхронный способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

При применении дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в расписании по дисциплине указываются: способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (ВКС-видеоконференцсвязь, ЭТ – электронное тестирование); ссылки на электронную информационно-образовательную среду СКФУ, на образовательные платформы и ресурсы иных организаций, к которым предоставляется открытый доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет»; для синхронного обучения - время проведения онлайн-занятий и преподаватели; для асинхронного обучения - авторы онлайн-курсов.

При организации промежуточной аттестации с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения используются Методические рекомендации по применению технических средств, обеспечивающих объективность

результатов при проведении промежуточной и государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры с применением дистанционных образовательных технологий (Письмо Минобрнауки России от 07.12.2020 г. № МН-19/1573-АН "О направлении методических рекомендаций").

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется с использованием электронной информационно-образовательной среды СКФУ, к которой обеспечен доступ обучающихся через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет», или с использованием ресурсов иных организаций, в том числе платформ, предоставляющих сервисы для проведения видеоконференций, онлайн-встреч и дистанционного обучения (МТС-Линк), а также с использованием возможностей социальных сетей для осуществления коммуникации обучающихся и преподавателей.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины, реализуемой с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, включает представленные в электронном виде рабочую программу, учебно-методические пособия или курс лекций, методические указания к выполнению различных видов учебной деятельности обучающихся, предусмотренных дисциплиной, и прочие учебно-методические материалы, размещенные в информационно-образовательной среде СКФУ.