Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 01.07.2025 11:02:40
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А.Г. Балашов
«__» _____ 2024 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физическая химия»

Направление подготовки - 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
Направленность (профиль) - «Технологии материалов микроэлектроники»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенции ОП	**Подкомпетенции, формируемые в дисциплине**	**Индикаторы достижения компетенций**
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	**ОПК-1.ФХ** Способен выбирать и применять методы исследования физико-химических свойств вещества при решении задач профессиональной деятельности	**Знание** фундаментальных разделов и законов физической химии и основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ **Умение** применять знания фундаментальных законов и экспериментальные методы исследования физической химии, к решению поставленных задач. **Опыт проведения** термодинамических расчетов и анализа свойств материалов, физических и химических процесс

Компетенция ПК-3 «Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов» сформулирована на основе профессионального стандарта 40.104 «Специалист поизмерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»
Обобщенная трудовая функция - С [6] Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур
Трудовая функция - С/01.6 Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-3.ФХ Способен проводить термодинамические расчеты при анализе и моделировании свойств материалов, физических и	*Научно-исследовательский тип задач:* Совершенствование процессов измерений параметров и модификации	**Знание** фундаментальных разделов и законов физической химии и основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ **Умение** использовать знания фундаментальных законов и экспериментальные методы исследования физической химии, к решению поставленных

химических процессов	свойств наноматериалов и наноструктур.	задач. **Опыт проведения** термодинамических расчетов и анализа свойств материалов, а также физических и химических процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Изучению дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах: «Математика», «Физика», «Химия», «Экология», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Кристаллография». Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются изучением дисциплин «Физико-химия наноструктурированных материалов», «Физика и химия полупроводников», «Физика и химия поверхности», «Технология материалов электронной техники», выполнением индивидуальных заданий практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3	5	6	216	32	32	32	84	Экз(36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Фазовые равновесия.	16	12	12	32	Контроль выполнения домашнего задания 1
					Защита лабораторных работ 5, 6, 7
2. Растворы.	6	-	10	14	Контрольная работа 1

№ и наименование	Контактная работа			Ср	Формы текущего контроля
					Контроль выполнения домашнего задания 2,3
3. Поверхностные явления, адсорбция.	8	8	8	24	Контрольная работа 2
					Защита лабораторных работ 8 и 9
					Контроль выполнения домашнего задания 4,5
4. Электрохимия.	2	12	2	14	Защита лабораторных работ 10, 11, 12

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Основы учения о гетерогенных равновесиях. Фазовые превращения. Понятие фазы. Основные определения. Условия ТД равновесия компонента в гетерогенной системе. Правило фаз Гиббса.
	2	2	Фазовые диаграммы однокомпонентных систем на примере углерода и воды. Уравнение Клазиуса – Клайперона.
	3	2	Явления аллотропии и полиморфизма. ТД соотношения полиморфов. Энантиотропия и монотропия. Фазовая диаграмма серы. Правило стадий Освальда. Метастабильные фазы.
	4	2	ТД обоснование фазовых равновесий однокомпонентных систем. Процессы образования фаз. Фазовые переходы первого и второго рода. Методы исследования и построения фазовых диаграмм. Представление о P-T-X диаграммах состояния.
	5	2	Двухкомпонентные системы. Основы термического анализа. Некоторые типы диаграмм состояния двухкомпонентных металлических и полупроводниковых систем. ТД вывод основных типов диаграмм состояния с помощью кривых изобарно-изотермического потенциала.
	6	2	Системы с эвтектикой. Системы с неограниченной растворимостью компонентов. Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимся химическим соединением и их ТД обоснование. Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью в твёрдом состоянии. Правило рычага
	7	2	Диаграммы растворимости. Применение диаграмм растворимости. Системы с ограниченной растворимостью в жидкой фазе. Изменение взаимной растворимости ограничено растворимых компонентов друг

			в друге с повышением температуры. Определение состава и массы слоев в точке внутри гетерогенной области. Методы определения критической температуры расслаивания. Правило Алексеева. Опалесценция.
	8	2	Диаграммы состояния трёхкомпонентных систем. Общая теория ТД устойчивости фаз. Понятие о спинодали и бинодали.
2	9	2	Растворы и их классификация. Строение жидких фаз. ТД теория растворов. Парциальные молярные величины. ТД функции смешения. Идеальные и предельно разбавленные растворы. Активности компонентов растворов. Уравнения Рауля и Генри.
	10	2	Различные модели растворов: идеальные, регулярные, субрегулярные. Парциальные величины. Функции смешения. Избыточные ТД функции.
	11	2	Температуры кипения и замерзания растворов. Растворимость твердых тел. Осмотическое давление. Мембранное равновесие. Перегонка летучих жидких смесей.
3	12	2	Поверхностные явления и адсорбция. Типы адсорбционных взаимодействий. Изотермы адсорбции газов. Уравнение Генри и Лэнгмюра.
	13	2	Полимолекулярная адсорбция, теория БЭТ.
	14	2	Строение адсорбционного слоя. Фундаментальные уравнения и адсорбционная формула Гиббса. Поверхностно-активные и инактивные вещества.
	15	2	Изменение свободной энергии Гиббса при адсорбции. Энтропия и теплота адсорбции. Современные методы определения величины адсорбции.
4	16	2	Предмет электрохимии. Основные соотношения ТД растворов электролитов. Коэффициент активности электролита. Электрическая проводимость растворов электролитов. Проводимость растворов слабых и сильных электролитов.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	**№ практического занятия**	**Объем занятий (часы)**	**Наименование занятия**
1	1	2	Фазовые равновесия. Анализ диаграмм состояния однокомпонентных систем с использованием уравнения Клаузиуса – Клайперона. Изучение фазовых диаграмм воды, углерода, серы. Полиморфные превращения. Построение фазовых диаграмм однокомпонентных систем. ТД обоснование диаграммы.

	2	2	Решение задач. Построение фазовых диаграмм однокомпонентных систем.
	3, 4	4	Экспериментальные методы построения фазовых диаграмм бинарных систем. Метод термического анализа и другие методы построения и исследования фазовых равновесий. Правило фаз Гиббса. Правило рычага. Выдача домашнего задания 1.
	5	2	Построение Р– Т –Х диаграмм фазовых равновесий. Анализ фазовых равновесий. Экспериментальное построение диаграмм трехкомпонентных систем и их чтение. Использование диаграмм состояния в технологии производства полупроводниковых материалов.
	6	2	Анализ тепловых эффектов. Методы дилатометрии, термогравиметрии в исследовании фазовых превращений. Знакомство с современными методами калориметрии и расчет тепловых эффектов на основе экспериментальных данных.
2	7	2	Растворы и их классификация. Расчет ТД функций смешения. Решение задач.
	8	2	Способы выражения состава многокомпонентных систем и соотношения между ними. Решение задач. Выдача домашнего задания 2.
	9	2	Криоскопия и эбуллиоскопия. Решение задач. Выдача домашнего задания 3.
	10	2	Расчет давления пара над раствором и растворимости твердых тел в жидкостях. Решение задач.
	11	2	Контрольная работа 1.
3	12	2	Адсорбция. Фундаментальное уравнение адсорбции. Изотерма адсорбции. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Решение задач. Выдача домашнего задания 4.
	13	2	Расчет величины адсорбции из данных по давлению пара и константе равновесия.. Решение задач.
	14	2	Поверхностные явления. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Решение задач. Выдача домашнего задания 5.
	15	2	Контрольная работа 2.
4	16	2	Основные соотношения ТД растворов электролитов. Электрическая проводимость электролитов. Расчет стандартного электродного потенциала по табличным данным для различных электродов. Типы электродов. Расчет удельной и эквивалентной электропроводностей растворов. Решение задач.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	5	4	Изучение диаграммы температура кипения-состав пара над жидкими двухкомпонентными растворами.
	6	4	Построение диаграммы состояния двухкомпонентной системы эвтектического типа.
	7	4	Изучение диаграммы растворимости двух частично смешиваемых жидкостей.
3	8	4	Адсорбция из растворов на границе твердое тело – жидкость
	9	4	Измерение поверхностного натяжения растворов и вычисление адсорбции Гиббса
4	10	4	Электродвижущие силы химических элементов.
	11	4	Определение константы диссоциации слабой кислоты из кривой потенциометрического титрования.
	12	4	Электропроводность растворов слабых и сильных электролитов.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	10	Проработка теоретического материала (Лекции 1- 8)
	6	Подготовка к лабораторным работам 1, 2 и 3
	6	Подготовка к защите лабораторных работ 1, 2 и 3
	10	Выполнение домашнего задания 1
2	4	Проработка теоретического материала (Лекции 9 - 11)
	6	Подготовка к Контрольной работе 3
	4	Выполнение домашнего задания 2,3
3	6	Проработка теоретического материала (Лекции 12 - 15)
	6	Подготовка к Контрольной работе 4
	4	Подготовка к лабораторным работам 4 и 5
	4	Подготовка к защите лабораторных работ 4 и 5
	4	Выполнение домашнего задания 4,5
4	2	Проработка теоретического материала (Лекция 16)
	6	Подготовка к лабораторным работам 6, 7 и 8
	6	Подготовка к защите лабораторных работ 6, 7 и 8

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , http://orioks.miet.ru/):

Модули 1-7:

- ✓ *Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине: «Физическая химия»*
- ✓ *Методические указания для студентов по выполнению индивидуального задания (курсового проекта)*

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Стромберг А.Г. Физическая химия : Учебник для вузов / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко; Под ред. А.Г. Стромберга. - 7-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2009. - 528 с.

2. Михайлова М.С. Физическая химия : Метод. указания по выполнению семестровых заданий и курсовых работ. Ч. 2 / М.С. Михайлова, К.Б. Поярков, Ю.И. Шиляева; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2019. - 64 с

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **Лань: электронно-библиотечная система.** – Санкт-Петербург, 2011. – URL: https://e.lanbook.com/(дата обращения: 21.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
2. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека**: сайт. – Москва, 2000. – URL: https://elibrary.ru(дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. **РУКОНТ** : Национальный цифровой ресурс : Электронно-библиотечная система : сайт. - Москва :Сколково, 2010 - . - URL: https://lib.rucont.ru/search(дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
4. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики**: сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
5. Google Scholar : сайт. – США, 2004. – URL: https://scholar.google.ru. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.
6. База American Chemical Society (ACS) : [сайт]. - URL: http://pubs.acs.org (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
7. Electrochemical Society : [сайт]. – URL: http://ecsdl.org/ (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

8. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение (**реализовывается с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий**).**

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: *раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя.*

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы**:

1) http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/phys.html - учебные материалы по курсу физической химии (Химический факультет МГУ).

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Windows, пакет MS Office браузер
Учебная аудитория №4136 «Лаборатория микроскопии»	Технические средства обучения: Проектор Epson EB-G5600, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры	Операционная система Windows, пакет MS Office
Учебная аудитория №4342 «Лаборатория физической и органической химии»	Стенд для проведения лабораторной работы «Калориметрия. Расчет удельной теплоты растворения хорошо растворимых солей». Стенд для проведения лабораторной работы «Определение энтальпии смешивания двухкомпонентных жидких смесей». Стенд для проведения лабораторной работы «Исследование температурной зависимости давления диссоциации». Стенд для проведения лабораторной работы «Определение давления насыщенного пара методом точек кипения». Стенд для проведения лабораторной работы «Изучение диаграммы температура кипения-состав пара над жидкими двухкомпонентными	Не требуется

	растворами». Стенд для проведения лабораторной работы «Построение диаграммы состояния двухкомпонентной системы эвтектического типа». Стенд для проведения лабораторной работы «Изучение диаграммы растворимости двух частично смешиваемых жидкостей». Стенд для проведения лабораторной работы «Адсорбция из растворов на границе твердое тело – жидкость». Стенд для проведения лабораторной работы «Измерение поверхностного натяжения растворов и вычисление адсорбции Гиббса». Стенд для проведения лабораторной работы «Электродвижущие силы химических элементов». Стенд для проведения лабораторной работы «Определение константы диссоциации слабой кислоты из кривой потенциометрического титрования». Стенд для проведения лабораторной работы «Электропроводность растворов слабых и сильных электролитов» Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения: Не требуется	
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows Microsoft Office браузер Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ОПК-1.ФХ** «Способен выбирать и применять методы исследования физико-химических свойств вещества».

ФОС по подкомпетенции **ПК-3.ФХ** «Способен проводить термодинамические расчеты при анализе и моделировании свойств материалов, физических и химических процессов».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Содержание дисциплины разбито на 4 модуля. Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

В процессе освоения дисциплины студенты самостоятельно готовят и выполняют предусмотренные контрольные мероприятия, направленные на проверку усвоения необходимых знаний – домашние задания, контрольные работы и тестирование в форме рубежного контроля; на проверку умений – в форме защиты лабораторных работ, на проверку опыта деятельности – в форме защиты (представления) индивидуальных заданий, результат выполнения которых отражается в накопительной балльной системе.

Качество самостоятельной работы студентов проверяется на каждом семинарском занятии и в процессе выполнения индивидуальных заданий, на которых отрабатываются и проверяются способности студента публично презентовать материалы выполнения СРС, вести дискуссию, приводить аргументы, логично и последовательно излагать свою точку зрения, демонстрируя понятийное и критическое мышление.

Индивидуальное задание выполняется самостоятельно в рамках отведенного времени на СРС. При подготовке к выполнению индивидуального задания студент должен продемонстрировать знания, умения и опыт деятельности, включающие поиск необходимой и дополнительной информации по темам практических занятий в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС, а также найденных самостоятельно). Результаты выполнения индивидуального практико-ориентированного задания представляются публично на практических занятиях и обсуждаются с преподавателем и одногруппниками.

Мониторинг успеваемости студентов проводится в течение семестра трижды: по итогам 1-8 учебных недель, 9 – 12 учебных недель, 13 – 18 учебных недель.

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных и дистанционных консультаций с использованием современных коммуникационных платформ (Zoom, Skype и др.) и электронной почты.

Для итоговой аттестации студент должен предоставить портфолио, включающее: конспект лекций, конспект литературы, подготовленный в рамках самостоятельной работы, материалы лабораторных работ, домашнее задание, курсовой проект.

11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен ***экзамен.***

Баллами оценивается: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре, активность в семестре и сдача промежуточной аттестации (в сумме 100 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/ .

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	**Оценка**
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент Института ПМТ, к.х.н. _____/М.С.Михайлова/

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» направленности (профилю) «Технологии материалов микроэлектроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 19 декабря 2024 года, протокол № 16.

Директора Института _____ /С.В.Дубков/

Лист согласования

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ _____ /А.Л.Переверзев /

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____/И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____ /Т.П.Филиппова/