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
«16» декабря 2024 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы физической химии»

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 следующей компетенции образовательной программы:

Компетенции ОП	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	**ОПК-1.ОФХ** 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*:*** - работы на лабораторном оборудовании: - проведения термодинамических расчетов для физических и химических процессов материалов.

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», «Кристаллография». Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются изучением дисциплин «Физико-химия наноструктурированных материалов», «Физико-химические основы технологии интегральных микро- и наноструктур», «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			Групповые консультации	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
2	4	5	180	36	18	18	2	70	Экз (36), КП

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Предмет физической химии, её значение. Основы теории химической связи.	4	-	-	4	Опрос
2. Основные понятия химической термодинамики. Основы термодинамики.	26	8	14	46	Защита лабораторных работ 1 и 2
					Контрольные работы 1 и 2
					Тестирование 1
					Контроль выполнения индивидуальных заданий 1-2 курсового проекта
3. Химическое равновесие.	6	10	4	20	Контроль выполнения индивидуального задания 3 курсового проекта. Защита КП.
					Защита лабораторных работ 3 и 4

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Предмет и задачи физической химии (ФХ). История и основные направления развития ФХ. Принципы исследования свойств вещества. Роль термодинамики (ТД), кинетики и квантовой химии в описании химических и физических явлений.
	2	2	Строение молекул и природа химической связи. Виды химических связей. Понятие об электроотрицательности элемента. Поляризация. Дипольный момент. Опрос.
2	3	2	Основные понятия химической ТД. Различные виды систем. Понятие о ТД системе и ТД параметрах. Виды состояний систем. Различные

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			виды процессов. Понятие о ТД функциях. Основные постулаты ТД. Уравнения состояния конденсированных и газовых систем.
	4	2	Первый закон ТД. Понятие о внутренней энергии, теплоте и работе. Применение первого начала ТД к идеальным газам. Применение первого начала к химическим процессам. Термохимия. Закон Гесса. Методы расчёта энтальпий химических реакций и образования соединений.
	5	2	Понятие о теплоёмкости. Теории теплоёмкости газа и конденсированных тел. Методы её оценки на основе экспериментальных данных. Зависимость теплоёмкости от температуры. Зависимость теплового эффекта от температуры и давления. Закон Кирхгофа.
	6	2	Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна и Дебая. Понятие о характеристической температуре и методы её оценки на основе экспериментальных данных. Экспериментальные методы исследования теплоёмкости.
	7	2	Второе начало ТД для обратимых и необратимых процессов. Энтропия. Изменение энтропии в разных процессах. Обобщенная форма первого и второго законов, фундаментальное уравнение Гиббса.
	8	2	Абсолютная энтропия. Постулат Планка. Третий закон ТД. Энтропия открытых систем. Элементы статистической термодинамики. Понятие фазового пространства. Микро и макро состояния системы. Различные виды статистик. Методы Больцмана, Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака, Гиббса. Сумма по состояниям и термодинамические функции.
	9	2	Методы расчёта энтропии в разных процессах. Примеры расчёта энтропии. Энтропия и ТД вероятность. Связь макроскопической ТД и статистической физики. Изменение энтропии при фазовых переходах. Виды энтропии для различных видов систем. Оценка величины энтропии на основе экспериментальных данных.
	10	2	Характеристические функции. Метод ТД потенциалов Гиббса. Химический потенциал. Фундаментальные уравнения Гиббса. Систематика характеристических функций.
	11	2	Контрольная работа 2. Законы термодинамики. Решение задач.
	12	2	Соотношения Максвелла. Связь между функцией Гиббса и Гельмгольца с другими ТД функциями. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Состояние равновесия и ТД потенциалы. ТД сложных систем. Основные представления о ТД неравновесных процессов.
	13	2	Расчёт изменения энергии Гиббса и Гельмгольца в различных

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			процессах: при изменении температуры и давления. Расчёт изменения энергии Гиббса и Гельмгольца при химической реакции. Расчёт изменения энергии Гиббса и Гельмгольца на основе экспериментальных данных. Основные представления о ТД малых систем.
	14	2	Фугитивность. Химический потенциал идеального и реального газов. Вычисление коэффициентов фугитивности реальных газов. Активность и коэффициент активности. Вычисление коэффициентов активности на основе экспериментальных данных.
	15	2	Лекция – консультация. Разбор ошибок контрольных работ.
3	16	2	Учение о химическом равновесии. Уравнение изотермы химической реакции и константа равновесия. Направление химической реакции. Закон действия масс. Стандартная энергия Гиббса реакции и константа равновесия.
	17	2	Разные способы выражения состава реакционной смеси. Влияние давления на равновесие химической реакции. Принцип смещения равновесия. Гетерогенное химическое равновесие.
	18	2	Уравнения изобары и изохоры реакции. Постулат Планка. Абсолютная энтропия химического соединения. Расчёт констант равновесия реакций при различных температурах на основе абсолютных значений энтропий.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
2	1	2	Изучение основных понятий химической ТД. Примеры и решение задач по теме: уравнения состояния газов. Примеры и решение задач по теме: первый закон ТД, закон Гесса. Выдача индивидуального задания по курсовому проекту.
	2	2	Расчет энтальпии реакций по энтальпии образования соединений, по энергиям связей. Расчёт энтальпии реакций (сгорания, образования) с использованием справочных данных.
	3	2	Расчет стандартной энтальпии образования различных соединений

			при различных температурах и данных по теплоемкостям. Примеры использования закона Кирхгоффа. Контрольная работа 1.
	4	2	Расчет изменения энтропии в различных процессах, химических реакциях. Расчет энтропии образования соединений при заданных температуре и давлении. Расчет энтропии по результатам измерения теплоёмкости. Методы оценки достоверности экспериментальных данных о теплоемкости различных веществ.
	5	2	Характеристические функции и их систематика. Расчет изменения энергии Гиббса различных реакций при заданной температуре. Особенности использования справочных данных. Вычисление стандартной энергии Гиббса и Гельмгольца для случая образования соединения. Основные представления о ТД неравновесных процессов.
	6	2	Расчет коэффициентов активности, фугитивности и химического потенциала компонентов из данных по давлению пара и данным ЭДС элемента.
	7	2	Разбор и проверка выполнения заданий курсового проекта 1 и 2
3	8	2	Расчеты химического равновесия. Метод расчета констант равновесий по стандартным ТД величинам. Расчет константы равновесия заданной реакции при различных температурах и давлениях. Направление химической реакции. Выполнение индивидуального задания курсового проекта 3.
	9	2	Сдача курсового проекта.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
2	1	4	Калориметрия. Расчет удельной теплоты растворения хорошо растворимых солей.
	2	4	Определение энтальпии смешивания двухкомпонентных жидких смесей.
3	3	4	Исследование температурной зависимости давления диссоциации.
	4	6	Определение давления насыщенного пара методом точек кипения.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	2	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями. Проработка теоретического материала (Лекции 1, 2)
	2	Подготовка к устному опросу по материалам Модуля 1
2	10	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями. Проработка теоретического материала (Лекции 3-12). Работа с внешними электронными ресурсами.
	4	Подготовка к лабораторным работам 1 и 2
	4	Подготовка к защите лабораторных работ 1 и 2
	4	Работа с электронными модулями индивидуальной работы студентов (ЭМИРС): изучение материалов ЭМИРС, ответы на тестовые вопросы.
	8	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями. Подготовка к Контрольным работам 1 и 2
	16	Выполнение индивидуального задания 1 и 2 Курсового проекта
3	3	Проработка теоретического материала (Лекции 13-15)
	4	Подготовка к лабораторным работам 3 и 4
	4	Подготовка к защите лабораторных работ 3 и 4
	9	Выполнение индивидуального задания 3 Курсового проекта

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

1. Определите тепловой эффект ΔH^o_{298} химической реакции (вариант реакции указывается преподавателем) при стандартных условиях, причем газообразные вещества представлены в идеальном состоянии. Значения энтальпии образования ΔH^o_{298} участников реакции найдите в справочнике термодинамических величин.

2. Найдите коэффициенты Δa, Δb, Δc и $\Delta c'$ уравнения температурной зависимости теплоемкости вида: $\Delta CP = \Delta a + \Delta bT + \Delta cT^{2} + \Delta c'T^{-2}$ для реакции (вариант реакции указывается преподавателем).

3. Определите тепловой эффект реакции при восьми значениях температуры в интервале от 298 до 1000 К и стандартном давлении (1 атм.).

4. Вычислите изменение энтропии ΔS^o_{298} в ходе реакции при 298 К и стандартном давлении.

5. Рассчитайте изменение энтропии в ходе реакции при температурах в интервале от 298 до 1000 К и стандартном давлении.

6. Определите изменение стандартной энергии Гиббса ΔG^o_{298} для химической реакции (вариант реакции указывается преподавателем) при температурах от 298 до 1000 К.

7. Рассчитайте константу равновесия K_P для реакции при температурах от 298 до 1000К.

8. Найдите степень превращения β реакции (вариант реакции указывается преподавателем) при стандартном давлении P и температуре, равной 800 К. Найдите β реакции при общем давлении P (указывается преподавателем) и температуре $T = 800$ К.

9. Вычислите, при каком общем давлении P степень превращения β вещества станет равной указанному преподавателем при температуре 800 К.

10. Определите состав равновесий смеси (в молекулярных процентах) при давлении P и температурах, указанных преподавателем.

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 1-3:

- ✓ *Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине: «Основы физической химии»*
- ✓ *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: 21.05.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

2. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека**: сайт. – Москва, 2000. – URL: https://elibrary.ru(дата обращения: 11.05.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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 «Лаборатория микроскопии»	Технические средства обучения: Проектор Epson EB-G5600, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры	Операционная система Windows, пакет MS Office
Учебная аудитория «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 растворами». Стенд для проведения лабораторной работы «Построение диаграммы состояния двухкомпонентной системы эвтектического типа».	Не требуется

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	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»	
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.ОФХ** «Способен выбирать и применять методы исследования физико-химических свойств вещества при решении задач профессиональной деятельности».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен 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 3 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; на проверку умений – в форме защиты лабораторных работ, на проверку опыта деятельности – в форме защиты (представления) индивидуального задания (курсового проекта), результат выполнения которых отражается в накопительной балльной системе. Тестирование проводится в ОРИОКС (MOODLe).

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 в виде презентации 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.

На лекции – консультации проводится разбор ошибок контрольных работ.

Групповая консультация предназначена для защиты индивидуальных заданий и является обязательной для посещения студентами. Дата и время проведения групповой консультации назначается отдельно с учетом расписания занятий студентов и сообщается им не менее чем за 10 дней до ее проведения.

В начале каждого семестра студентам предоставляется семестровый план организации занятий по дисциплине. План содержит описание содержания лекций (для каждой лекции указываются параграфы или страницы учебных пособий, а также электронных ресурсов, в которых изложено ее содержание); планы практических занятий с указанием номеров задач из указанной литературы для решения в аудитории и самостоятельно, темы индивидуальных домашних заданий, сроки их выдачи и приема решений; темы, длительность и сроки контрольных работ, темы тестов самопроверки, используемые базы данных и электронные материалы из ОРИОКС. Семестровый план размещается в ОРИОКС: http://orioks.miet.ru/.

Лектор дисциплины или преподаватель может рекомендовать дополнительные учебные материалы в ходе семестра. Они могут размещаться в ОРИОКС или на сайте МИЭТ в разделе ЭМИРСы http://orioks.miet.ru/oroks-miet/srs.shtml.

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

РАЗРАБОТЧИКИ:

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

Ассистент Института ПМТ _____/М.Е. Федянина/

Ассистент Института ПМТ _____/И.А. Волощук/

Рабочая программа дисциплины «Основы физической химии» 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

Директор Института ПМТ _____ /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/