

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 30.04.2026 15:28:23
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 А.Г. Балашов

«*27*» *апреля* 2026 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы физической химии»

Направление подготовки – 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Направленность (профиль) - «Технологии материалов микроэлектроники»

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2026

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					Самостоятельная работа		Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)	Текущий контроль/ групповые консультации	Промежуточная аттестация (часы)	Текущая СР (часы)	Подготовка к экзамену (часы)	
2	4	5	180	32	16	32	8	4	56	32	Экз, КП

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа					Самостоятельная работа		Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)	Текущий контроль/ групповые консультации	Промежуточная аттестация (часы)	Текущая СР (часы)	Подготовка к экзамену (часы)	
1. Предмет физической химии, её значение. Основы теории химической связи.	2	-	2	-	4	4	32	Опрос
2. Основные понятия химической термодинамики. Основы термодинамики.	24	8	24	6		35		Защита лабораторных работ 1 и 2 Контрольные работы 1 и 2 Тестирование 1

№ и наименование модуля	Контактная работа				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
						Контроль выполнения индивидуальных заданий 1-2 курсового проекта
3. Химическое равновесие.	6	8	6	2	17	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. Основные разделы. Принципы исследования свойств вещества. Роль термодинамики (ТД), кинетики и квантовой химии в описании химических и физических явлений.
2	2	2	Основные понятия химической ТД. Различные виды систем. Понятие о ТД системе и ТД параметрах. Виды состояний систем. Различные виды процессов. Понятие о ТД функциях.
	3	2	Основные постулаты ТД. Уравнения состояния конденсированных и газовых систем. Первый закон ТД. Понятие о внутренней энергии, теплоте и работе. Применение первого начала ТД к идеальным газам.
	4	2	Термохимия. Применение первого начала к химическим процессам. 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 и его применение.
	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	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.
	12	2	Расчёт изменения энергии Гиббса и Гельмгольца в различных 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.
	13	2	Контрольная работа 2. Законы термодинамики. Решение задач.
3	14	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.
	15	2	Разные способы выражения состава реакционной смеси. Влияние давления на равновесие химической реакции. Принцип смещения равновесия. Гетерогенное химическое равновесие.
	16	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
1	1	2	Строение молекул и природа химической связи. Виды химических связей. Понятие об электроотрицательности элемента. Поляризация. Дипольный момент. Опрос.
2	2	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.
	3	2	Расчет энтальпии реакций по энтальпии образования соединений, по энергиям связей. Расчёт энтальпии реакций (сгорания, образования) с использованием справочных данных.
	4	2	Расчет стандартной энтальпии образования различных соединений при различных температурах и данных по теплоемкостям. Примеры использования закона Кирхгофа.
	5	2	Контрольная работа 1.
	6	2	Расчет изменения энтропии в различных процессах, химических реакциях. Расчет энтропии образования соединений при заданных температуре и давлении.
	7	2	Расчет энтропии по результатам измерения теплоёмкости. Методы оценки достоверности экспериментальных данных о теплоемкости различных веществ.
	8	2	Разбор и проверка выполнения заданий курсового проекта. 1
	9	2	Характеристические функции и их систематика. Расчет изменения энергии Гиббса различных реакций при заданной температуре. Особенности использования справочных данных.
	10	2	Вычисление стандартной энергии Гиббса и Гельмгольца для случая образования соединения. Основные представления о ТД неравновесных процессов.
	11	2	Фугитивность. Химический потенциал идеального и реального газов. Вычисление коэффициентов фугитивности реальных газов. Активность и коэффициент активности.
	12	2	Расчет коэффициентов активности, фугитивности и химического потенциала компонентов из данных по давлению пара и данным ЭДС элемента.
	13	2	Разбор и проверка выполнения заданий курсового проекта. 2
	3	14	2

			равновесия заданной реакции при различных температурах и давлениях. Направление химической реакции. Выполнение индивидуального задания курсового проекта. 3
	15, 16	4	Сдача курсового проекта. Представление презентаций.

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	4	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	6	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
	3	Работа с электронными модулями индивидуальной работы студентов (ЭМИРС): изучение материалов ЭМИРС, ответы на тестовые вопросы.
	6	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями. Подготовка к Контрольным работам 1 и 2
	12	Выполнение индивидуального задания 1 и 2 Курсового проекта
3	3	Проработка теоретического материала (Лекции 13-15)
	4	Подготовка к лабораторным работам 3 и 4

2	Подготовка к защите лабораторных работ 3 и 4
8	Выполнение индивидуального задания 3 Курсового проекта

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

1. Определите тепловой эффект ΔH_{298}° химической реакции (вариант реакции указывается преподавателем) при стандартных условиях, причем газообразные вещества представлены в идеальном состоянии. Значения энтальпии образования ΔH_{298}° участников реакции найдите в справочнике термодинамических величин.
2. Найдите коэффициенты Δa , Δb , Δc и $\Delta c'$ уравнения температурной зависимости теплоемкости вида: $\Delta C_P = \Delta a + \Delta bT + \Delta cT^2 + \Delta c'T^{-2}$ 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_{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_{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 1000 К.
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: 19.01.2026). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru>(дата обращения: 19.01.2026). – 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»	<u>Технические средства обучения:</u> Проектор Epson EB-G5600, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры	Операционная система Windows, пакет MS Office
Учебная аудитория «Лаборатория физической и органической	Стенд для проведения лабораторной работы «Калориметрия. Расчет удельной теплоты растворения хорошо растворимых солей». Стенд для проведения лабораторной работы «Определение энтальпии смешивания	Не требуется

<p>химии»</p>	<p>двухкомпонентных жидких смесей».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Исследование температурной зависимости давления диссоциации».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Определение давления насыщенного пара методом точек кипения».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Изучение диаграммы температура кипения-состав пара над жидкими двухкомпонентными растворами».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Построение диаграммы состояния двухкомпонентной системы эвтектического типа».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Изучение диаграммы растворимости двух частично смешиваемых жидкостей».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Адсорбция из растворов на границе твердое тело – жидкость».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Измерение поверхностного натяжения растворов и вычисление адсорбции Гиббса».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Электродвижущие силы химических элементов».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Определение константы диссоциации слабой кислоты из кривой потенциометрического титрования».</p> <p>Стенд для проведения лабораторной работы «Электропроводность растворов слабых и сильных электролитов»</p>	
<p>Помещение для самостоятельной работы</p>	<p>Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ</p>	<p>ОС Microsoft Windows Microsoft Office браузер Acrobat reader DC</p>

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.

Групповые консультации предназначены для защиты индивидуальных заданий и являются обязательными для посещения студентами. Дата и время проведения групповых консультаций назначаются отдельно с учетом расписания занятий студентов и сообщаются им не менее чем за неделю 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:


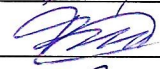

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент Института ПМТ, к.х.н.

Ассистент Института ПМТ

Ассистент Института ПМТ

 /М.С. Михайлова/
 /М.Е. Федянина/
 /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 26 января 2026 года, протокол № 6

Директор Института ПМТ

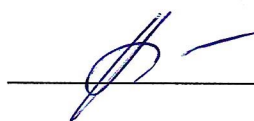


/С.В.Дубков/

Лист согласования

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/