

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Термодинамика материалов

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы

Физическая химия

Форма обучения

очная, очно-заочная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.03 Термодинамика материалов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н-1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий. ПК-1-н-2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	ПК-1-н-1: Знать теоретические основы термодинамического описания фазовых диаграмм. Уметь использовать фундаментальные положения и законы химической термодинамики для решения фазовых равновесий. Владеть навыками построения фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем. ПК-1-н-2: Знать особенности термодинамического подхода и анализа фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем. Уметь использовать законы химической термодинамики для решения расчетных и качественных задач. Владеть навыками физико-химического анализа фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем.	Реферат	Экзамен: Контрольные вопросы

<p><i>ПК-1-фх: Способен использовать современные методы исследования для изучения свойств новых веществ и процессов</i></p>	<p><i>ПК-1-фх-1: Использует известные методы для определения основных физико-химических характеристик веществ.</i></p> <p><i>ПК-1-фх-2: Разрабатывает новые модели расчёта физическо-химических величин новых веществ и процессов.</i></p>	<p><i>ПК-1-фх-1:</i></p> <p>Знать основные теории термодинамики фазовых и межфазных равновесий, а также основные принципы термодинамического описания фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем.</p> <p>Уметь применять аппарат равновесной химической термодинамики для практических целей современного материаловедения.</p> <p>Владеть навыками построения равновесных фазовых диаграмм по экспериментальным данным.</p> <p><i>ПК-1-фх-2:</i></p> <p>Знать основные теории термодинамики фазовых и межфазных равновесий, а также основные принципы термодинамического описания фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем.</p> <p>Уметь применять аппарат равновесной химической термодинамики для практических целей современного материаловедения.</p> <p>Владеть навыками построения равновесных фазовых диаграмм по экспериментальным данным.</p>	<p><i>Реферат</i></p>	<p><i>Экзамен:</i></p> <p><i>Контрольные вопросы</i></p>
<p><i>ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках</i></p>	<p><i>ПК-2-н-1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных.</i></p> <p><i>ПК-2-н-2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных с химией науках.</i></p>	<p><i>ПК-2-н-1:</i></p> <p>Знать методы эффективного поиска научной и технической информации в сети Интернет и наиболее распространенных специализированных базах данных.</p> <p>Уметь грамотно составить поисковый запрос в общих и специализированных базах данных, за короткий срок получить информацию о свойствах интересующего</p>	<p><i>Реферат</i></p>	<p><i>Экзамен:</i></p> <p><i>Контрольные вопросы</i></p>

		<p>вещества и параметрах процесса.</p> <p>Владеть навыками самостоятельного использования специализированных баз данных и специального программного обеспечения для поиска необходимой информации, проведения расчетов, обработки экспериментальных данных, подготовки научных публикаций и докладов.</p> <p>ПК-2-н-2:</p> <p>Знать основные подходы термодинамического описания фазовых равновесий.</p> <p>Уметь планировать физико-химические исследования с целью построения и анализа фазовых диаграмм многокомпонентных систем.</p> <p>Владеть системой поиска и анализа термодинамических свойств материалов.</p>		
<p>ПК-3-н: Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-3-н-1:</p> <p>Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными.</p> <p>ПК-3-н-2: Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.</p>	<p>ПК-3-н-1:</p> <p>Знать калориметрические методы исследования фазовых переходов индивидуальных веществ и многокомпонентных систем.</p> <p>Уметь интерпретировать ДСК-кривые и кривые термического анализа с целью описания фазового состояния индивидуальных веществ и многокомпонентных систем.</p> <p>Владеть навыками физико-химического анализа фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем.</p> <p>ПК-3-н-2:</p> <p>Знать возможности использования точных данных по термодинамике фазовых переходов для современного материаловедения.</p> <p>Уметь применять термодинамические функции</p>	Реферат	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

КСР	2	2					2	2		
Итого	180	180	32	32	32	32	66	66	60	78

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 16 ч., очно-заочная форма обучения - 16 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).
- открытый онлайн-курс MOOC "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: -

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Термодинамика комплексов с переносом зарядов на основе фуллерена C₆₀
2. Термодинамика полимерных материалов
3. Фазовые диаграммы соединений углерода

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-1-фх

1. Использование полиномов для выражения концентрационных зависимостей термодинамических функций.
2. Моделирование термодинамических свойств материалов
3. Особенности термодинамического описания фазовых границ диаграмм состояния однокомпонентных систем

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Полиморфизм в лекарственных препаратах
2. Полиморфизм белковых молекул.
3. Адсорбция в многокомпонентных растворах

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

1. Фазовые диаграммы трехкомпонентных систем
2. Термодинамика фазовых равновесий двух- и многокомпонентных систем
3. Построение фазовых диаграмм двухкомпонентных систем методом потенциалов

Критерии оценивания (оценочное средство - Реферат)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, продемонстрирован творческий подход, тема раскрыта полностью. Защита показала владение информацией по теме реферата в полном объеме. Получены исчерпывающие ответы на дополнительные вопросы
отлично	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с несущественным недочетами.
очень хорошо	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты, но имеется несколько несущественных ошибок. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с недочетами.
хорошо	Реферат, презентация написаны в соответствии с основными требованиями, тема реферата раскрыта с некоторыми недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при защите реферата с некоторыми недочетами. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы.
удовлетворительно	Реферат, презентация написаны с существенными отклонениями от предъявляемых требований, тема реферата раскрыта частично. соответствии с основными требованиями, тема реферата раскрыта с некоторыми недочетами. Допущено много негрубых ошибок при защите реферата и при ответе на дополнительные вопросы.
неудовлетворительно	При написании реферата и презентации не выполнены предъявляемые требования, тема реферата не раскрыта. Защита показала отсутствие понимания материала. Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Не получены ответы на дополнительные вопросы.
плохо	Содержание реферата, презентации не соответствует теме, предъявляемые требования не соблюдены. Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие владения материалом при защите реферата. Отказ обучающегося от ответа на дополнительные вопросы. Или реферат не предоставлен.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Умение свободно ориентироваться в материале, отвечать на вопросы, предусмотренные программой. Установлена взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значения для приобретаемой профессии. Продemonстрированы все основные умения. Продemonстрированы творческие способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Установлена взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значения для приобретаемой профессии. Продemonстрированы все основные умения с несущественными недочетами. Продemonстрированы творческие способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Систематический характер знаний по предмету, возможно их самостоятельное пополнение и обновление в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Даны ответы на большинство вопросов, допущено несколько несущественных ошибок. Продemonстрированы высокие способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Систематический характер знаний по предмету, возможно их

Оценка	Критерии оценивания
	самостоятельное пополнение и обновление в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Даны ответы на большинство вопросов, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы высокие способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены негрубые ошибки при ответе, но продемонстрированы необходимые знания для их устранения под руководством преподавателя. Продемонстрированы основные умения, выполнены все задания, но не в полном объеме. Продемонстрированы базовые способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности в понимании, изложении и использовании полученных теоретических знаний.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н (Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

1. Случай одновременно протекающих реакций.
2. Координаты состава и стандартные состояния при изменении активности.
3. Расчет однокомпонентных фазовых диаграмм.
4. Расчет многокомпонентных фазовых диаграмм.
5. Решение уравнения Гиббса – Дюгема.
6. Равновесная форма кристалла. Диаграммы Вульфа.
7. Характерные величины межфазного натяжения.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-фх (Способен использовать современные методы исследования для изучения свойств новых веществ и процессов)

1. Общая термодинамическая характеристика фазовых диаграмм.
2. Условия равновесия в гетерогенной системе.
3. Многокомпонентные растворы.
4. Полиморфизм: энантиотропия, монотропия.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н (Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

1. Случай одновременно протекающих реакций.

2. Координаты состава и стандартные состояния при изменении активности.
3. Расчет однокомпонентных фазовых диаграмм.
4. Расчет многокомпонентных фазовых диаграмм.
5. Решение уравнения Гиббса – Дюгема.
6. Равновесная форма кристалла. Диаграммы Вульфа.
7. Характерные величины межфазного натяжения.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н (Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

1. Модель центральных атомов.
2. Модель центральных атомов для бинарного раствора внедрения.
3. Модель центральных атомов для многокомпонентного раствора внедрения.
4. Адсорбция в многокомпонентных растворах.
5. Фазовая диаграмма фуллерена C₆₀.
6. Полиморфизм в системах пептидов и аминокислот.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Еремин Вадим Владимирович. Основы общей и физической химии : учеб. пособие для студентов вузов, изучающих дисциплину "Химия", по направлению подготовки ВПО 011200. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 848 с. - ISBN 978-5-91559-092-1 : 1472.90., 30 экз.
2. Борщевский Андрей Яковлевич. Физическая химия : Том 1: Общая химическая термодинамика; Учебник. 1 : Физическая химия / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 606 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-011785-0. - ISBN 978-5-16-104227-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=739806&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Эткинс Питер. Физическая химия : в 3 ч. / пер. с англ. И. А. Успенской, В. А. Иванова ; под ред. В. В. Лунина, О. М. Полторака. - М. : Мир, 2007-. - (Лучший зарубежный учебник). Физическая химия . Ч. 1 : Равновесная термодинамика. - 2007. - 494 с. : ил. - ISBN 5-03-003786-1 (русск.) : 150.00., 1 экз.
2. Суздаlev Игорь Петрович. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаlev. - М. : КомКнига, 2006. - 592 с. - (Синергетика: от прошлого к будущему / [редкол.: Г. Г. Малинецкий (пред.) и др.]). - ISBN 5-484-00243-5 : 69.00., 2 экз.
3. Маркин Алексей Владимирович. Химическая термодинамика наноструктур на основе фуллеренсодержащих и дендримерных материалов : дис. ... д-ра хим. наук : 02.00.04 / ННГУ. - Н. Новгород, 2013. - 465 с. - Библиогр.: с. 442 - 465., 1 экз.
4. Путилов Константин Анатольевич. Термодинамика / АН СССР, Моск. о-во испытателей природы, Секция физики. - М. : Наука, 1971. - 375 с. : черт. - 2.28., 5 экз.
5. Сталл Д. Химическая термодинамика органических соединений / пер. с англ. В. А. Левицкого и В. М. Сахарова ; предисл. Я. И. Герасимова. - М. : Мир, 1971. - 807, СХХХVI с. : черт. - 4.56., 1 экз.
6. Русанов Анатолий Иванович. Термодинамика поверхностных явлений / Ленингр. гос. ун-т им.

А. А. Жданова. - Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1960. - 179 с. : черт. - 0.81., 1 экз.

7. Русанов Анатолий Иванович. Фазовые равновесия и поверхностные явления. - Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1967. - 388 с. : с черт. - 1.75., 2 экз.

8. Лебедев Юрий Александрович. Термохимия парообразования органических веществ : Теплоты испарения, сублимации и давление насыщения / АН СССР, Ин-т хим. физики. - М. : Наука, 1981. - 216 с. : ил. - 2.80., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук, профессор
Горюнова Полина Евгеньевна, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.05.2023 г., протокол № 7.