

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Термодинамика наноструктур

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы

Физическая химия

Форма обучения

очно-заочная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.02.02 Термодинамика наноструктур 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 основные понятия в области наносистем; фундаментальные понятия и законы химической термодинамики и их применение к реакциям и процессам с участием наносистем. Уметь находить и использовать литературные источники по тематике исследования, анализировать экспериментальные результаты. Владеть навыками критического анализа знаний базовых разделов химической термодинамики и экспериментальных методов химической термодинамики в применении их к наносистемам и процессам с их участием. ПК-1-н-2: Знать экспериментальные методы химической термодинамики; необходимую приборную базу и ее возможности для исследования реакций и процессов с участием наносистем. Уметь определять экспериментальным путем	Контрольная работа	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>физико-химические параметры наносистем и процессов с их участием с помощью современной аппаратуры и осуществлять физико-химический анализ и математическую обработку полученных результатов.</p> <p>Владеть навыками применения современной аппаратурной базы для получения физико-химических характеристик наносистем и процессов с их участием.</p>		
<p>ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией наук</p>	<p>ПК-2-н-1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных.</p> <p>ПК-2-н-2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных с химией наук.</p>	<p>ПК-2-н-1:</p> <p>Знать методы эффективного поиска научной и технической информации в сети Интернет и наиболее распространенных специализированных базах данных, в том числе, в полнотекстовых и реферативных базах научных публикаций.</p> <p>Уметь грамотно составить поисковый запрос в общих и специализированных базах данных, за короткий срок получить информацию о свойствах интересующего 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 закономерности протекания реакций и процессов с участием наносистем, представлять возможность их использования при решении</p>	<p>Реферат</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		профессиональных задач в области химии и смежных с химией науках. Уметь анализировать результаты отдельных этапов научных и научно-технологических исследований на предмет их соответствия теоретическим представлениям химической науки. Владеть навыками анализа учебной информации и участия в дискуссии по вопросам тематики проекта в выбранной области.		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	18
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	18
- КСР	1
самостоятельная работа	71
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0

Раздел 1. Первое и второе начала термодинамики.	27	5	6	11	16
Раздел 2. Приложения II начала термодинамики. Функции Гиббса и Гельмгольца, характеристические функции, химический потенциал. Химическое равновесие, законы, расчет констант и термодинамического выхода продуктов реакций.	23	4	3	7	16
Раздел 3. Определение понятия наноматериалы. Классификация наноматериалов. Фуллерены. Дендримеры.	31	5	6	11	20
Раздел 4. Неорганические соединения урана как представители наноматериалов. Применение классической термодинамики к неорганическим соединениям урана. Общие закономерности в термодинамических характеристиках неорганических соединений урана.	26	4	3	7	19
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	18	18	37	71

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Первое и второе начала термодинамики

1. I начало как частный случай и экспериментальное обоснование закона сохранения и превращения энергии.
2. Закон Гесса как частный случай I начала термодинамики.
3. Энтальпия системы и энтальпия процесса. Методы расчета энтальпии химических реакций.
4. Энтальпия образования химических соединений, методы ее определения.
5. Энтальпия сгорания химических соединений. Энергия диссоциации и средняя энергия диссоциации химических связей, термохимическая энергия связей.
6. Понятие о термодинамическом и термическом равновесии систем.
7. Самопроизвольные, несамопроизвольные, равновесные, обратимые и неравновесные процессы. Химическое равновесие.
8. Энтропия – критерий направленности протекания процессов в изолированных системах. Методы расчета энтропии веществ и процессов.

Раздел 2. Приложения II начала термодинамики. Функции Гиббса и Гельмгольца, характеристические функции, химический потенциал. Химическое равновесие, законы, расчет констант и термодинамического выхода продуктов реакций

1. Функция Гиббса (Гельмгольца) как критерий равновесия и самопроизвольного протекания химических реакций при постоянных температуре и давлении (объеме).
2. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Справочный материал о стандартных значениях энтальпии, энтропии и функции Гиббса образования веществ.
3. Зависимость функции Гиббса химической реакции от температуры и давления.
4. Уравнение изотермы химической реакции. Закон действия масс. Уравнение изобары и изохоры химической реакции. Правило смещения равновесия Ле Шателье-Брауна.
5. III начало термодинамики.
6. Расчет абсолютных значений энтропии веществ по экспериментальным (расчетным) данным о теплоемкости и параметрах фазовых переходов. Расчет выхода продуктов химических реакций.

Раздел 3. Определение понятия наноматериалы. Классификация наноматериалов. Фуллерены. Дендримеры

1. Определение понятия наноматериалы.
2. Термин «нано», критический размер и функциональные свойства.

3. Критерии определения наноматериалов. Размерный эффект.
4. Нанотрубки.
5. Дендримеры.
6. Фуллерены.
7. Методы исследования наноматериалов.
8. Применение наноматериалов.

Раздел 4. Неорганические соединения урана как представители наноматериалов. Применение классической термодинамики к неорганическим соединениям урана. Общие закономерности в термодинамических характеристиках неорганических соединений урана

1. Синтез, строение, свойства и применение уранофосфатов, ураноарсенатов, уранованадатов, уранониобатов, ураносиликатов и уранилсульфатов щелочных, щелочноземельных металлов и элементов 3d-ряда.
2. Общий подход и особенности определения стандартных энтальпий образования и теплоемкостей неорганических соединений урана.
3. Стандартные энтальпии образования уранофосфатов и ураноарсенатов щелочных и щелочноземельных металлов и их кристаллогидратов.
4. Энтальпии реакций дегидратации и ионного обмена с участием уранофосфатов и ураноарсенатов.
5. Теплоемкости и стандартные термодинамические функции уранофосфатов и ураноарсенатов.
6. Термодинамика реакций дегидратации и ионного обмена с участием уранофосфатов и ураноарсенатов щелочных металлов.
7. Стандартные энтальпии образования уранованадатов щелочных и щелочноземельных металлов.
8. Энтальпии реакций дегидратации и ионного обмена с участием уранованадатов.
9. Термодинамика реакций дегидратации и ионного обмена с участием уранофосфатов и ураноарсенатов щелочных металлов. Оценка растворимости уранованадатов щелочных металлов.
10. Стандартные термодинамические функции уранониобатов щелочных металлов в конденсированном состоянии. Термодинамика реакций синтеза уранониобатов и ионных равновесий с их участием.
11. Энтальпии образования и теплоемкости ураносиликатов щелочных металлов. Термодинамика реакций дегидратации ураносиликатов и ионных равновесий с их участием.
12. Стандартные термодинамические характеристики уранилсульфатов элементов 3d-ряда, реакций дегидратации и ионного обмена с их участием.
13. Общие закономерности в термодинамических характеристиках неорганических соединений урана.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

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

Иные учебно-методические материалы: 1. Черноруков Н.Г. Уран. Прошлое, настоящее и будущее : учебное пособие: ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 52 с.

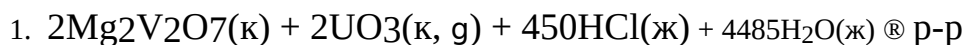
2. Маркин А.В. Термодинамика фуллереновых наноструктур : учебное пособие: ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2010. - 58 с.

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

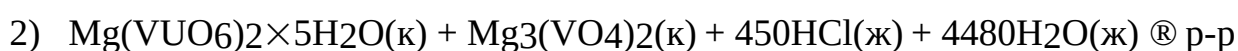
5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. В результате термохимических исследований были определены стандартные энтальпии следующих реакций:



$$D_{\text{rH}}^{\circ}(298) = -2328,8 \pm 2,2 \text{ ккал};$$



$$D_{\text{rH}}^{\circ}(298) = -1658,0 \pm 1,9 \text{ ккал.}$$

Рассчитайте стандартную энтальпию образования уранованадата магния $\text{Mg}(\text{VUO}_6)_2 \times 5\text{H}_2\text{O}$ при $T = 298,15\text{K}$.

2. При температуре 768°C $\alpha\text{-Fe}$ превращается в $\beta\text{-Fe}$. Стандартная энтальпия данного превращения при указанной температуре равна $D_{\text{trH}}^{\circ} = 366 \text{ кал/моль}$. Рассчитайте стандартную абсолютную мольную энтропию $\beta\text{-Fe}$ при $t = 768^{\circ}\text{C}$.

3. Реакция $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + 2\text{D}$ протекает в газовой фазе. Определите равновесный состав смеси, если известно, что константа равновесия при температуре опыта равна 0,54, начальные количества веществ равны: $n_{\text{A}}^{\circ} = 2 \text{ моль}$, $n_{\text{B}}^{\circ} = 0,5 \text{ моль}$, $n_{\text{C}}^{\circ} = 1 \text{ моль}$, $n_{\text{D}}^{\circ} = 0$, а давление в системе равно 2 атм.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнены все задания. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами. Проявлены отличные способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач.

Оценка	Критерии оценивания
	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнена большая часть заданий, допущено несколько негрубых ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибки. Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения при решении стандартных задач.
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.

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

1. Теории теплоемкости кристаллических тел.
2. Методы расчета и экспериментального определения энтальпии химических реакций и энтальпий образования индивидуальных веществ.
3. Расчет энтропии индивидуальных веществ и изменения энтропии в различных процессах.
4. Функции Гиббса и Гельмгольца как критерии протекания процессов в закрытых системах.
5. Методы расчета стандартных функций Гиббса реакций и констант равновесия.
6. Расчет выхода продуктов химических реакций.

7. Энтальпии сгорания химических соединений, их определение и расчет энергий диссоциации химических связей.
8. Особенности определения стандартных энтальпий реакций образования, дегидратации и ионного обмена с участием неорганических соединений урана.
9. Методы исследования наноматериалов.

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.

Оценка	Критерии оценивания
	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 и 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	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

			недочетами				
--	--	--	------------	--	--	--	--

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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Особенности термохимических схем для определения стандартных энтальпий образования неорганических соединений урана.
2. Расчет энтальпий химических процессов при заданных температуре и давлении.
3. Цикл Борна-Габера – модель термодинамики для расчета энтальпий систем и процессов.
4. Энтропия. Методы расчета энтропии.
5. Химическое равновесие. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.
6. Дайте определение понятия «наноматериалы».
7. Нанотрубки. Дендримеры. Фуллерены.
8. Полимеры как представители наносистем.

9. Закон действующих масс для реакций полимеризации. Уравнение изобары химической реакции Вант-Гоффа.
10. Зависимость энтальпии полимеризации от температуры, давления, физического состояния и структуры исходных мономеров и образующихся полимеров, растворителей.
11. Термодинамика некоторых процессов полимеризации (полимеризация олефинов, циклических соединений).

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Методы и аппаратура, используемые для определения термодинамических характеристик неорганических соединений урана и процессов с их участием.
2. Методы расчета химического равновесия и выхода продуктов реакции по экспериментальным данным и справочным величинам.
3. Третье начало термодинамики. Нулевая (остаточная) энтропия, методы определения.
4. Методы исследования наноматериалов.
5. Степень кристалличности полимеров, ее определение по калориметрическим данным.
6. Энтальпия полимеризации, методы определения энтальпии полимеризации.
7. Энтропия полимеризации, методы определения энтальпии полимеризации, зависимость энтальпии полимеризации от температуры, давления, физического состояния и структуры исходных мономеров и образующихся полимеров.
8. Функция Гиббса полимеризации, зависимость функция Гиббса полимеризации от температуры и давления, предельная температура полимеризации, ее определение.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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. Фуллерены / МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. : Экзамен, 2004. - 688 с. - ISBN 5-472-00294-X : 85.00., 3 экз.
3. Раков Эдуард Григорьевич. Нанотрубки и фуллерены : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 210602 "Нanomатериалы". - М. : Логос, 2006. - 376 с. - (Новая Университетская Библиотека). - ISBN 5-98699-009-9 : 281.60., 5 экз.
4. Наноструктуры в биомедицине = Biomedical Nanostructures / под ред. Кеннет Е. Гонсалвес [и др.] ; пер. с англ. С. А. Бусева, Т. П. Мосоловой, А. В. Хачояна. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. - 519 с., [16] с. цв. вкл. : ил. - (Нанотехнологии : сер. осн. в 2006 г.). - Авт. указ. на 5-й с. - ISBN 978-5-9963-0525-4 : 839.50., 3 экз.

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. Полторак Олесь Михайлович. Термодинамика в физической химии : [учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1991. - 318, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-002041-X (в пер.) : 36.00., 5 экз.
3. Губин Сергей Павлович. Химия кластеров : Основы классификации и строение / отв. ред. И. И. Моисеев ; АН СССР, Ин-т общ. и неорганич. химии им. Н. С. Курнакова. - М. : Наука, 1987. - 262, [1] с. : ил. - 3.20., 3 экз.
4. Пригожин И. Химическая термодинамика : пер. с англ. / под ред. В. А. Михайлова. - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1966. - 509 с. : черт. - 2.73., 1 экз.
5. Суздалев Игорь Петрович. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - 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.
6. 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.
7. Черноруков Н. Г. Уран. Прошлое, настоящее и будущее : электронное учебное пособие / Черноруков Н. Г., Нипрук О. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2010. - 52 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Химия., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730357&idb=0>.
8. Алимжанов Марат Измаилович. Синтез, строение и термодинамика уранованадатов щелочных и щелочноземельных металлов : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.04, 02.00.01 / ННГУ. - Н. Новгород, 1999. - 22 с., 1 экз.

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

<http://elibrary.ru>.

<http://link.springer.com>.

<http://www.sciencedirect.com>.

<http://pubs.acs.org>.

<http://pubs.rsc.org>.

<http://www.uspkhim.ru>.

<http://webbook.nist.gov>.

<http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>.

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 подготовки 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Черноруков Георгий Николаевич, кандидат химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г, протокол № 1.