

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 полимеров

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.03.01 Термодинамика полимеров 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 современное состояние термодинамических исследований перспективных представителей полимерных материалов (линейных, разветвленных, дендримеров, термостойких, биоразлагаемых, биосовместимых полимеров) Уметь использовать экспериментальные методы химической термодинамики для исследования физико-химических свойств полимеров и процессов полимеризации. Владеть методами химической термодинамики с целью установления практически важных зависимостей свойств полимеров от их состава, структуры, физических состояний и условий, необходимых для создания перспективных полимерных материалов. ПК-1-н.2: Знать экспериментальные методы химической термодинамики; необходимую приборную базу и ее возможности для исследования реакций и процессов с участием	Доклад-презентация	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>полимеров.</p> <p>Уметь определять экспериментальным путем физико-химические параметры полимеров 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 полимеров 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 науках</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 области физической химии и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-2-н.1:</p> <p>Знать фундаментальные понятия и законы химической термодинамики полимеров и термодинамические характеристики процессов полимеризации.</p> <p>Уметь использовать основные уравнения и законы химической термодинамики для исследования термодинамических свойств полимеров и процессов с их участием.</p> <p>Владеть аппаратом химической термодинамики для определения термодинамических свойств полимеров и прогнозирования областей их практического использования.</p> <p>ПК-2-н.2:</p> <p>Знать основные закономерности протекания реакций и процессов с участием полимеров, представлять возможность их использования при решении профессиональных задач в области химии и смежных с химией науках.</p> <p>Уметь анализировать результаты отдельных этапов научных и научно-</p>	<p>Доклад-презентация</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		технологических исследований на предмет их соответствия теоретическим представлениям химической науки. Владеть навыками анализа учебной информации и участия в дискуссии по выбранной тематике		
--	--	---	--	--

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
Современная классификация полимеров. Основные понятия полимерной химии	33	6	6	12	21
Термодинамические характеристики полимеров и методы их определения	37	6	6	12	25
Термодинамические характеристики процессов получения полимеров	37	6	6	12	25
Аттестация	0				

КСР	1			1	
Итого	108	18	18	37	71

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Современная классификация полимеров. Основные понятия полимерной химии
Современная классификация полимеров: линейные, разветвленные, сшитые, дендримеры.
Биоразлагаемые, биоустойчивые, биосовместимые полимеры. Применение полимеров. Обоснование применимости законов классической химической термодинамики к полимерным системам.

Раздел 2. Термодинамические характеристики полимеров и методы их определения
Метастабильность полимеров. Теплоемкость. Параметры стеклования и стеклообразного состояния и других релаксационных превращений (интервал ΔT , температура стеклования T_g , увеличение теплоемкости при расстекловании $\Delta C_p(T_g)$, конфигурационная S_{conf} и нулевая $S^\circ(0)$ энтропия, разность нулевых энтальпий полимера в стеклообразном и кристаллическом состояниях при 0 К).
Термодинамические характеристики плавления полимеров и других фазовых переходов (температура, энтальпия фазовых переходов). Степень кристалличности полимеров, ее определение.
Низкотемпературная вакуумная адиабатическая калориметрия. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Реакционная калориметрия. Калориметрия сгорания. Особенности их применения к полимерам.
Стандартные энтальпии сгорания и термодинамические характеристики реакций образования полимеров. Стандартные термодинамические функции; расчет стандартных термодинамических функций полностью кристаллических и аморфных полимеров по данным о температурной зависимости теплоемкости полимера в частично-кристаллическом состоянии.

Раздел 3. Термодинамические характеристики процессов получения полимеров
Полимеризационно-деполимеризационное равновесие, закон действующих масс для реакций полимеризации, уравнение изобары химической реакции Вант-Гоффа. Энтальпия полимеризации, методы определения энтальпии полимеризации; зависимость энтальпии полимеризации от температуры, давления, физического состояния и структуры исходных мономеров и образующихся полимеров, растворителей. Энтропия полимеризации. Методы определения энтальпии полимеризации; зависимость энтальпии полимеризации от температуры, давления, физического состояния и структуры исходных мономеров и образующихся полимеров. Функция Гиббса полимеризации, зависимость функции Гиббса полимеризации от температуры и давления; предельная температура полимеризации, ее определение. Термодинамические свойства и термодинамика получения полиалканов, полиалкенов, полиуретанов, поликетонов, биоразлагаемых полимеров и т.д.

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. Смирнова Н.Н., Маркин А.В. Теплоемкости: классическое и статистическое рассмотрение: учебно-методическое пособие. - Нижний

Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. - 42 с.

2. Маркин А.В., Черноруков Г.Н., Сологубов С.С. Калориметрические методы исследования: учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, 2023. - 57 с.

3. Смирнова Н.Н., Маркин А.В. Термодинамика полимеров: учебное пособие. - Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2006. - 96 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 - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Термодинамические свойства полиолефинов и термодинамические характеристики их получения
2. Термодинамические свойства полиальдегидов и термодинамические характеристики их получения
3. Термодинамические свойства дендримеров и термодинамические характеристики их получения
4. Термодинамические свойства полиуретанов и термодинамические характеристики их получения
5. Термодинамические свойства лактонов и полилактонов
6. Термодинамические свойства поликетонов и полиоксимов
7. Термодинамические свойства поликарбонатов и термодинамические характеристики их получения
8. Термодинамические свойства полиспиртов и термодинамические характеристики их получения
9. Термодинамические и физико-химические свойства полимерных композиций

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

- 1) Изучение температурных зависимостей теплоемкостей полимеров и соответствующих мономеров методами адиабатической вакуумной калориметрии
- 2) Исследование фазовых и физических превращений полимеров методами адиабатической вакуумной и дифференциальной сканирующей калориметрии
- 3) Исследование полимеров методом термогравиметрического анализа
- 4) Определение стандартной энтальпии и энергии сгорания полимеров, а также энтальпии образования полимеров из простых веществ методами калориметрии сгорания
- 5) Получение комплекса стандартных термодинамических функций полимеров в широком температурном интервале

6) Определение стандартных термодинамических характеристик получения полимеров из соответствующих мономеров

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже "превосходно" Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	отказа обучающегося от ответа		ошибок	несколько негрубых ошибок	несколько несущественных ошибок	нет.	
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован 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 с указанием критериев их оценивания:

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

1. Методы расчета химического равновесия и выхода продуктов реакции по экспериментальным данным и справочным величинам
2. Методы и аппаратура, используемые для определения термодинамических характеристик полимеров
3. Расчет стандартных термодинамических функций полностью кристаллических и аморфных полимеров по данным о температурной зависимости теплоемкости полимера в частично-кристаллическом состоянии
4. Степень кристалличности полимеров, ее определение по калориметрическим данным
5. Нулевая и конфигурационная энтропия полимеров в аморфном состоянии. Методы их определения: теоретические, экспериментальные, эмпирические и полуэмпирические

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

1. Современная классификация полимеров
2. Закон действующих масс для реакций полимеризации. Уравнение изобары химической реакции Вант-Гоффа
3. Энтальпия полимеризации, методы определения энтальпии полимеризации. Зависимость энтальпии полимеризации от температуры, давления, физического состояния и структуры исходных мономеров и образующихся полимеров
4. Энтропия полимеризации, методы определения энтропии полимеризации. Зависимость энтропии полимеризации от температуры, давления, физического состояния и структуры исходных мономеров и образующихся полимеров
5. Функция Гиббса полимеризации, зависимость функции Гиббса полимеризации от температуры и давления
6. Предельная температура полимеризации, методы ее определения из опытных данных
7. Термодинамика некоторых процессов полимеризации (полимеризация олефинов, циклических соединений)

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже "превосходно" Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» Все

Оценка	Критерии оценивания
	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Лебедев Борис Владимирович. Термодинамика полимеров : учебное пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. - 96 с. - В надзаг.: Национальный проект "Образование". Инновационная образовательная программа Нижегород. ун-та. - ISBN 5-85746-938-4 : 15.00., 6 экз.
2. Лебедев Борис Владимирович. Термодинамика полимеров : учеб. пособие / Горьк. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Горький : ГГУ, 1989. - 111, [1] с. : ил. - 0.20., 15 экз.
3. Семчиков Юрий Денисович. Введение в химию полимеров : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО 020100 "Химия" и специальности 020201 "Фундам. и прикладная химия". - СПб. : Лань, 2012. - 224 с. : ил. - (Учебники для вузов) (Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1325-6 : 399.96., 98 экз.
4. Киреев Вячеслав Васильевич. Высокомолекулярные соединения : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Хим. технология высокомолекулярных соединений". - М. : Высшая школа, 1992. - 512 с. - 300.00., 25 экз.
5. Оудиан Дж. Основы химии полимеров / пер. с англ. Я. С. Выгодского и Т. М. Фрунзе ; под ред. В. В. Коршака. - М. : Мир, 1974. - 614 с. : черт. - 2.79., 6 экз.
6. Вундерлих Бернارد. Физика макромолекул. Т. 2 : Зарождение, рост и отжиг кристаллов/ пер с англ. Ю. К. Годовского, В. С. Папкова. - М. : Мир, 1979. - 574 с. : ил. - 4.70., 5 экз.

Дополнительная литература:

1. Лебедев Борис Владимирович. Химическая термодинамика алифатических полиальдегидов и альдегидов : Монография / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2001. - 176 с. - ISBN 5-85746-660-1 : 35.00., 2 экз.
2. Лебедев Борис Владимирович. Химическая термодинамика полиалканов и полиалкенов : монография / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 1999. - 274 с. - ISBN 5-85746-537-0 : 63.00., 3 экз.
3. Семчиков Юрий Денисович. Введение в химию и физику полимеров : учебное пособие / ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 257 с. - В надзаг.: Приоритет. нац. проект "Образование", Инновац. образоват. программа Нижегород. ун-та: Образоват.-науч. центр "Информ.-телекоммуникац. системы: физ. основы и мат. обеспечение". - ISBN 978-5-91326-052-9 : 80.00., 3 экз.

4. Савада Хидео. Термодинамика полимеризации / пер. с англ. А. А. Берлина, Э. Ф. Олейника. - М. : Химия, 1979. - 312 с. : граф. - 2.50., 3 экз.
5. 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 (русс.) : 150.00., 1 экз.
6. Термодинамика металлоорганических соединений : монография / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 1996. - 297 с. - 10000.00., 3 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): Колесникова Любовь Владимировна, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

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