

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана химического факультета  
\_\_\_\_\_ А.С. Князев

» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**Методы неизотермической кинетики и термического анализа**

по направлению подготовки

**04.04.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Фундаментальная и прикладная химия веществ и материалов»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане Б1.О.В.04

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_ А.С. Князев

Председатель УМК

\_\_\_\_\_ В.В. Хасанов

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

– ПК-3. Способен к решению профессиональных производственных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Разрабатывает стратегию научных исследований, составляет общий план и детальные планы отдельных стадий.

ИПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

ИПК-1.3. Использует современное физико-химическое оборудование для получения и интерпретации достоверных результатов исследования в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках, применяя взаимодополняющие методы исследования.

ИПК-3.1. Анализирует имеющиеся нормативные документы по системам стандартизации, разработки и производству химической продукции и предлагает технические средства для решения поставленных задач.

ИПК-3.2. Производит оценку применимости стандартных и/или предложенных в результате НИР технологических решений на применимость с учетом специфики изучаемых процессов.

## **2. Задачи освоения дисциплины:**

– сформировать у студентов представления о теоретических основах неизотермической кинетики в термическом анализе;

– научить выбирать и обосновывать условия проведения и метод термического анализа для решения конкретных научно-исследовательских задач;

– научить составлять модели термической деструкции исследуемых веществ и материалов, проводить расчёты тепловых эффектов и кинетических параметров физико-химических процессов по результатам термоаналитических исследований.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

## **4. Семестр освоения и форма промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 1, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия» «Высокомолекулярные соединения», «Физика», «Информатика», «Методы математической статистики в химии», «Физические методы исследования».

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 16 ч.;

– практические занятия: 16 ч.;

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### ***Тема 1. Неизотермическая кинетика в термическом анализе***

Особенности физико-химических процессов, идущих с участием твердых веществ.

Понятие степени превращения в термическом анализе. Теоретическое обоснование возможности расчета кинетических параметров физико-химических процессов по результатам термического анализа, проведенного в неизотермическом режиме. Математическое описание скорости реакции, протекающей в неизотермическом режиме.

### ***Тема 2. Термические методы анализа***

Терминология в термическом анализе. Определения и условные обозначения.

Классификация термических методов анализа, их достоинства и недостатки. Современное экспериментальное оборудование, устройства и принцип действия основных приборов, используемых в термическом анализе. Изотермические, неизотермические и квазитермические методы термического анализа. Достоинства и недостатки.

### ***Тема 3. Термогравиметрия***

Форма термогравиметрической кривой. Стандартные методы обработки термограмм. Выделение температурных интервалов одностадийных, параллельных и последовательных реакций. Факторы, влияющие на характер термогравиметрических кривых. Источники ошибок в термогравиметрии. Использование термогравиметрических кривых для составления материального баланса процессов термической деструкции веществ и материалов. Статистическая, квазистатическая и динамическая гравиметрия. Термогравиметрия по производной. Достоинства и недостатки термогравиметрии.

### ***Тема 4. Дифференциальный термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия***

Теоретические основы дифференциального термического анализа (ДТА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Термограмма. Физико-химическая природа пиков кривых дифференциального термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии. Факторы, влияющие на ход кривых дифференциального термического анализа. Количественный дифференциальный термический анализ. Стандартизированные методы построения базовых линий и способы определения площадей пиков аналитической кривой. Расчет тепловых эффектов наблюдаемых физико-химических превращений в дифференциальном термическом анализе. Области применения методов дифференциального термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии

### ***Тема 5. Математические методы расчета кинетических параметров***

Использование результатов термогравиметрии и дифференциального термического анализа для определения степени превращения. Методы расчета энергии активации, порядка реакции и предэкспоненциального множителя физико-химических процессов по результатам термогравиметрии и дифференциального термического анализа. Дифференциальные, интегральные и аппроксимационные методы расчета порядка реакции, энергии активации и предэкспоненциального множителя. Достоинства и недостатки методов. Поиск и выбор оптимального метода для обработки термоаналитических кривых.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и выполнения домашних заданий и индивидуального задания, проведения деловых игр по темам, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

В ходе прохождения практических занятий и при проведении текущего контроля проверяются знания, полученные по ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.3) и ПК-3 (ИПК-3.1).

Текущий контроль влияет на промежуточную аттестацию: к экзамену допускаются магистранты, которые не имеют задолженностей по заданиям текущего контроля, а также выполнившие и защитившие и индивидуальное задание.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет содержит 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание, проверяющие знания, полученные по ПК-1 (ИПК-1.1., ИПК-1.2.) и ПК-3 (ИПК-3.1., ИПК-3.2.). Подготовка ответа – 40 минут; ответ – 20 минут.

*Пример билетов:*

Билет №1

1. Классификация термических методов анализа, их достоинства и недостатки. Современное экспериментальное оборудование, устройство и принцип действия основных приборов, используемых в термическом анализе.

2. Неизотермическая кинетика. Возможность применения результатов дифференциального термического анализа для расчета кинетических параметров физико-химических превращений.

3. Используя программу Proteus Analysis, обработайте результаты анализа термического разложения кристаллогидрата хлорида марганца (II)  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ , полученные на синхронном термоанализаторе STA 449 Jupiter. Опишите процессы наблюдаемой термодеструкции, используя справочные данные, оцените состав промежуточных и конечных продуктов термического разложения кристаллогидрата.

Билет №2

1. Факторы, влияющие на форму термоаналитических кривых. Выбор формы и материала тигля для ДТГ- и ДСК-измерений.

2. Аппроксимационные методы расчета кинетических параметров процессов. Метод Метцгера-Горовицы – области применения, достоинства и недостатки.

3. Используя программу Proteus Analysis, обработайте результаты анализа термического разложения кристаллогидрата сульфата магния (II)  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , полученные на синхронном термоанализаторе STA 449 Jupiter. Опишите процессы наблюдаемой термодеструкции; используя результаты анализа и справочные данные, оцените состав промежуточных и конечных продуктов термического разложения кристаллогидрата.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Магистрант на экзамене получает оценку:

– «отлично» – студент дает полные, развернутые, логически построенные ответы на теоретические вопросы, применяет понятийный аппарат дисциплины, приводит полное решение практического задания.

– «хорошо» – студент дает развернутые, логически построенные ответы на теоретические вопросы, применяет понятийный аппарат дисциплины, приводит полное решение практического задания, но допускает две-три ошибки, которые исправляет, основываясь на наводящих вопросах преподавателя.

– «удовлетворительно» – студент не может дать ответ на один из теоретических вопросов билета и допускает при выполнении практического задания ошибки, которые может устранить только при помощи наводящих вопросов преподавателя.

– «неудовлетворительно» – студент не может дать ответ на один из теоретических вопросов билета или не может выполнить самостоятельно практическое задание.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22076>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

– Новоженев В. А., Стручева Н. Е. Термический анализ. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного университета. 2012.

– Третьяков А. Ф. Материаловедение и технологии обработки материалов: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. Ф. Третьяков, Л. В. Тарасенко. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.

– Емелина А. Л. Дифференциальная сканирующая калориметрия Лаборатория химического факультета МГУ, 2009

– Третьяков Ю. Д., Путляев В. И. Введение в химию Твердофазных материалов. М. : Издательство Московского университета, Издательство «Наука», 2006.

– Пурмаль А.П. А,Б,В. химической кинетики М. : ИКЦ «Академкнига», 2004

б) дополнительная учебная литература:

– Шестак Я. Теория термического анализа: физико-химические свойства твердых неорганических веществ. – М. : Мир. 1987.

– Уэндландт У. Термические методы анализа – М. : Мир.1978.

– Фиалко М.Б. Неизотермическая кинетика в термическом анализе. – Томск : Издательство Томского университета. 1981.

в) ресурсы сети Интернет:

– Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>

– ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Томск, 2011. –URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

## **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– программное обеспечение к синхронному термоанализатору STA 449 C Jupiter

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации (аудитория № 402 6-го учебного корпуса ТГУ).

Лаборатория термического анализа (№ 408, 6-го учебного корпуса ТГУ), оснащенная современным синхронным термоанализатором STA 449 Jupiter сопряженным с масс-спектрометром QMS 403 Aeolos, который позволяет изучать термическое поведение неорганических, органических, высокомолекулярных веществ и материалов в инертной и окислительной атмосфере в диапазоне температур 25 – 1500 °С.

#### **15. Информация о разработчиках**

Егорова Лидия Александровна, кан. хим. наук, ст. науч. сотр., кафедра неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.