

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

Рабочая программа дисциплины

**Избранные главы неорганической химии и материаловедения**  
**Модуль I: Синтез веществ и материалов золь-гель методом**

по направлению подготовки / специальности

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

**Фундаментальная и прикладная химия**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**химик-специалист, преподаватель**

Год приема

**2023**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.В. Шелковников

Председатель УМК

Л.Н. Мишенина

## 1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений в различных областях химии.

ОПК-2. Способен проводить синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследовать процессы с их участием.

ПК-5. Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР.

ПК-6. Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК 1.1 Знает теоретические основы неорганической, органической, физической и аналитической химии, применяет их при решении профессиональных задач в других областях химии.

РООПК 1.2 Умеет систематизировать и интерпретировать результаты экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

РООПК 1.3 Умеет грамотно формулировать заключения и выводы по результатам работы

РООПК 2.1 Знает стандартные приемы и операции, используемые при получении веществ неорганической и органической природы.

РООПК 2.2 Знает теоретические основы методов изучения состава, структуры и свойств для грамотного выбора метода исследования.

РООПК 2.3 Умеет проводить стандартные синтезы по готовым методикам, выполнять стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов, а также использовать серийное научное оборудование для изучения их свойств.

РОПК 5.1 Умеет готовить детальные планы отдельных стадий прикладных НИР и НИОКР.

РОПК 5.2 Умеет выбирать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР.

РОПК 5.3 Умеет проводить испытания инновационной продукции.

РОПК 6.1 Умеет выполнять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.

РОПК 6.2 Умеет составлять протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме.

## 2. Задачи освоения дисциплины

– формирование начальных общепрофессиональных компетенций (ОПК-1, ОПК-2) и профессиональных компетенций (ПК-5, ПК-6) в области неорганической химии и материаловедения по синтезу веществ и материалов золь-гель методом;

– ознакомление с основами золь-гель синтеза веществ и материалов;

– умение планировать и проводить золь-гель синтез, анализировать полученные результаты, делать выводы;

– проводить расчеты и подбирать условия (концентрации, рН, объемы, соотношения компонентов и т.д.) проведения экспериментальной части исследования составов материалов по известным методикам.

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

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Неорганическая химия и химическое материаловедение.

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

Девятый семестр, зачет

Девятый семестр, экзамен

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по дисциплинам, которые входят в обязательную часть профессионального блока: неорганическая, аналитическая, органическая, физическая химия и химия ВМС, а также по дисциплинам обязательной части общепрофессионального блока: физика и строение вещества.

### **6. Язык реализации**

Русский

### **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

- лекции: 16 ч.

- лабораторные: 16 ч.

- практические занятия: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

**Тема 1. Общие сведения о золь-гель технологии. Основные физико-химические факторы, обуславливающие получения неорганических веществ и материалов золь-гель методом.**

История развития золь-гель метода. Основные термины и определения. Получение сложных гомогенных оксидных систем и наноструктурных материалов и использованием химического модифицирования (восстановления, сульфирования и т.д.) для формирования наночастиц в матрице материала. Термодинамические и кинетические факторы устойчивости дисперсных систем.

**Тема 2. Классификация исходных веществ используемых для получения пленок, порошков и керамики золь-гель методом.**

Алколюляты металлов - предшественники в неорганическом и металлоорганическом синтезе. Кремнийорганические соединения, кремнийорганические смолы, полисилоксановые жидкости, неорганические соли и т.д., используемые в качестве исходных веществ.

**Тема 3. Реакции гидролиза, конденсации и комплексообразования как основа золь-гель метода.**

Строение, координационные полимеры и олигомеры, кластеры, гетерометаллические комплексы. Физико-химические процессы, протекающие в растворах и при формировании веществ и материалов под воздействием температуры. Особенности физико-химического поведения в связи с полиморфными превращениями и химические свойства полученных

веществ и материалов. Классификация золь-гель процессов и материалов. Темплатный синтез.

#### Тема 4. Преимущества, недостатки метода.

Условия проведения синтеза для получения веществ и материалов в виде тонких пленок, дисперсных порошков, керамических материалов, наночастиц в матрице материала. Области применения. Стратегия выбора исходных веществ и условий проведения синтеза при создании наноструктурных материалов.

### 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, тестов по лекционному материалу, выполнение заданий на практических занятиях (решение кейса), выполнения лабораторных работ и написания отчетов по лабораторным работам, фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Форма контроля		Оценка в баллах	Максимальное количество баллов	Суммарный рейтинг
Тестовый контроль на лекциях (интерактивные лекции)	Лекция 2	10	30	110
	Лекция 3	10		
	Лекция 4	10		
Работа на лабораторных занятиях		4x2	8	
Защита лабораторного отчета		4x5	20	
Практические занятия	Кейсовое задание	1x12	12	
	Выполнение заданий на практических занятиях	2x5	10	
Экзамен	Тест	20	30	
	Письменный развернутый ответ	10		

### 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Промежуточный контроль знаний – зачет, экзамен. В курсе используется балльно-рейтинговая система оценки знаний. Итоговая оценка за семестр складывается из суммы баллов, полученных на экзамене, и баллов, набранных в семестре по результатам текущего контроля.

Для получения **зачета** и допуска к экзамену необходимо набрать не менее 50 % баллов от текущего контроля, который составляет 40 б. (рейтинг текущего контроля 80 б). Суммарный рейтинг курса (с экзаменом) – 110 б.

**Экзамен в девятом семестре** проводится в тестовой и письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть представляет собой тест из 20 вопросов, проверяющих ОПК-1, ОПК-2. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных.

Вторая часть содержит один вопрос, проверяющий ПК-5, ПК-6. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

**Примерный перечень вопросов из первой части:**

1. Силы, которые необходимо учитывать в золь системах, это:
  - а) ван-дер-ваальсовы;
  - б) гравитации;
  - в) притяжения и отталкивания между поверхностными зарядами;
  - г) ван-дер-ваальсовы и притяжения и отталкивания между поверхностными зарядами.
2. Основными в потенциалобразующем слое мицелл, возникших в ходе химической реакции между азотнокислым серебром ( $\text{AgNO}_3$ ) и иодистым натрием ( $\text{NaI}$ ) при избытке  $\text{AgNO}_3$ , являются ионы:
  - а)  $\text{Na}^+$ ; б)  $\text{Ag}^+$ ; в)  $\text{I}^-$ ; г)  $\text{NO}_3^-$ .
3. Агрегативная устойчивость гидрофобного золя с возрастанием температуры:
  - а) возрастает; б) не изменяется; в) убывает; г) зависит от растворителя.
4. Процессы, при которых, может происходить образование фрактальных кластеров, связанных с агрегационными явлениями, это:
  - а) осаждение; б) электролиз; в) фильтрация; д) агрегация; г) флокуация; е) все перечисленные.
5. Эффективным методом анализа физико-химических процессов, происходящих в золь-гель системах, является термогравиметрия. Аналитическим откликом, преобладающим на стадии удаления растворителей, летучих продуктов деструкции и химически связанной воды, является процесс:
  - а) экзотермический с уменьшением массы; б) эндотермический с увеличением массы; в) эндотермический с уменьшением массы; г) экзотермический с увеличением массы.
6. Размеры мицелл при увеличении концентрации ионов в растворе:
  - а) увеличиваются; б) уменьшаются; в) не изменяются; г) зависят от растворителя.

**Примерный перечень вопросов из второй части:**

1. Особенности золь-гель синтеза золь на основе тетраэтоксисилана, содержащих легирующие неорганические соединения (на примере фосфоросиликатных или боросиликатных золь).
2. Опишите синтез тонкопленочного материала на основе  $\text{TiO}_2$  по золь-гель технологии. Укажите, какие основные факторы влияют на гелеобразование. Обоснуйте выбор прекурсоров, растворителя, катализатора, температурных режимов для получения тонкой пленки  $\text{TiO}_2$ .

Максимальный балл за ответ на вопрос из второй части экзамен – 10.

*Критерии оценивания:*

- 10-8. Полный безошибочный ответ с правильным применением понятий и определений, с грамотным использованием необходимых терминов и понятий.
- 8-6. Правильный и достаточно полный, не содержащий существенных ошибок ответ. Оценка может быть снижена за отдельные несущественные ошибки.
- 6-4. Недостаточно полный объем ответа, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях.
- Менее 4. Неполный объем ответов, наличие ошибок и пробелов в знаниях, поверхностный ответ.

Итоговая оценка учитывает результаты экзамена и рейтинга семестра: суммарный рейтинг курса – 110 балла.

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

88-110 «отлично»,

71-87 «хорошо»,

70-56 «удовлетворительно»,

Менее 55 баллов «неудовлетворительно».

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

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

в) Методические указания по проведению лабораторных работ.

г) Методические указания к написанию отчета.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем.

// Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014, 328 с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/4356/#2>

– Борило Л. П. Тонкопленочные неорганические наносистемы / Л. П. Борило, [под ред. В. В. Козика]; Томский гос. ун-т. - Томск: [Томский государственный университет], 2012. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000464064>

– Мошников В.А., Таиров Ю.М., Хамова Т.В., Шилова О.А. Золь-гель технология микро- и нанокомполитов. // Изд.-во: Лань. 2013. 304 с.

б) дополнительная литература:

– Рыжонков Д.И., Левина В.В. Нанотехнологии. // Изд.-во «БИНОМ. Лаборатория знаний» 2012. 365 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/3134/#1>

– Асланов Л.А., Ищенко А.А., Фетисов Г.В. Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля. // Москва: Физматлит, 2012. 647с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/5271/#8>

– Salwa A. Synthesis of Zinc Oxide by Sol–Gel Method for Photoelectrochemical Cells. Singapore. // Springer Singapore: Imprint., 2014, 51 p. <https://koha.lib.tsu.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=404700>

– Aparicio M., Jitianu A. Sol-Gel Processing for Conventional and Alternative Energy Klein. // Boston, MA: Springer US, 2012, 397 p. <https://koha.lib.tsu.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=355049>

в) ресурсы сети Интернет:

– Образовательная программа «Перспективные неорганические материалы со специальными функциями» МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/education-program/spec-inorg/7.html>

## 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);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

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 Лань – <http://e.lanbook.com/>

– 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**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лабораторные аудитории (№ 102 6-го учебного корпуса ТГУ).

Лаборатории оснащены вытяжными и сушильными шкафами, муфелями, электроплитками, дистилляторами, центрифугами, термометрами; стеклянной и фарфоровой посудой; необходимыми для выполнения лабораторных работ реактивами.

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

Автор программы: Лютова Екатерина Сергеевна, канд. хим. наук, кафедра неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.

Рецензент: Коротченко Наталья Михайловна, канд. хим. наук, доцент кафедры неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент