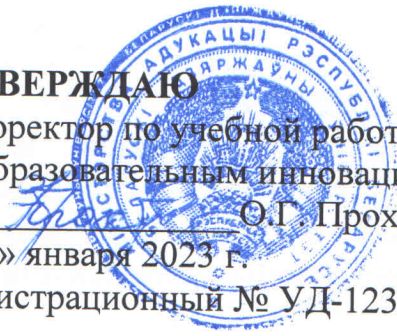


БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

 О.Г. Прохоренко

«05» января 2023 г.

Регистрационный № УД-12379/уч.

ХИМИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 05 04 Фундаментальная химия

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 04-2013, типового учебного плана №G31-1-030/-тип, утвержденного 28.06.2013, учебного плана № G31-147/уч., утвержденного 30.05.2013

СОСТАВИТЕЛИ:

Е.И. Василевская, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;
Н.Е. Боборико, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

РЕЦЕНЗЕНТ:

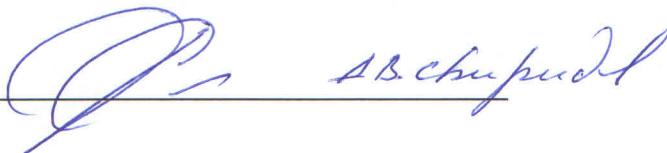
Е.А. Стрельцов, заведующий кафедрой электрохимии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической химии
(протокол № 7 от 29.12.2022).

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 4 от 29.12.2022)

Зав.кафедрой _____



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели данной учебной дисциплины – сформировать у обучающихся представления о структуре поверхности твердых тел, понимание физических и химических процессов, протекающих на поверхности, рассмотреть способы изменения состояния поверхности и методы ее исследования, дать представление о роли поверхностных процессов в формировании свойств материалов и развитии современных технологий.

Задачи данной учебной дисциплины:

- сформировать у обучающихся основные представления о структуре поверхности и подходах к ее описанию;
- развить понимание химических процессов, определяющих реальную структуру поверхности твердого тела;
- ознакомить обучающихся с методами экспериментального исследования поверхностей;
- рассмотреть основные подходы к управлению состоянием поверхности твердого тела и области применения полученных результатов в современной микро- и нанoeлектронике.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Химия поверхности» для специальности 1-31 05 04 Фундаментальная химия относится к циклу специальных дисциплин и является дисциплиной по выбору студентов компонента учреждения высшего образования.

Содержание данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин «Неорганическая химия», «Кристаллохимия», «Химия твердого тела». В содержательную часть дисциплины также включены результаты исследований, проводимых научными сотрудниками химического факультета и НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета. Отдельные вопросы программы предназначены для самостоятельного изучения с использованием монографической литературы, обзорных и оригинальных статей. Предусматривается рассмотрение этих вопросов на семинарских занятиях, наряду с вопросами, связанными с приложением полученных знаний к решению конкретных задач, возникающих у студентов в процессе выполнения учебно-исследовательских и научно-исследовательских работ.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Химия поверхности» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций, предусмотренных образовательным стандартом высшего образования первой ступени по специальностям 1-31 05-04 Фундаментальная химия:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью)

СЛК-6. Уметь работать в команде

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии и физико-химических методов исследования.

ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование, принимать участие в подготовке отчетов и публикаций.

ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

ПК-5. Формулировать и решать задачи, возникающие в процессе производственно-технологической деятельности.

ПК-6. На основе анализа показателей режимов, параметров схемы и технического состояния оборудования выявлять причины не оптимальности технологических процессов и разрабатывать пути их устранения.

ПК-7. В составе группы специалистов разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в разработке стандартов и нормативов. Инновационная деятельность.

ПК-8. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-9. Работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

ПК-10. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий.

ПК-11. Составлять договоры совместной деятельности по освоению новых технологий.

ПК-12. Готовить проекты лицензионных договоров о передаче прав на использование объектов интеллектуальной собственности. Организационно-управленческая деятельность.

ПК-13. Организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей.

ПК-19. Учитывать индивидуально-психологические и личностные особенности людей разных возрастов, стилей их жизнедеятельности, познавательной и профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен
знать:

– методы получения чистых поверхностей;

- особенности химических связей на поверхности твердых тел;
- модели, используемые для описания поверхности;
- основные типы модификаторов и способы их закрепления на поверхности;
- основные методы исследования поверхности твердых тел.

уметь:

- использовать полученные знания в научной и практической деятельности (при разработке новых материалов и устройств, решении экологических проблем, организации производственных работ и др.);
- использовать теоретический аппарат для объяснения и прогнозирования свойств модифицированных материалов;
- планировать эксперимент по модифицированию поверхности твердых тел для изменения их оптических, электрохимических, механических свойств с использованием литературных источников;

владеть:

- терминологией, используемой для описания поверхности твердых тел;
- методами описания состояния поверхности на основе справочных и литературных данных;
- методиками закрепления реагентов на поверхности твердых тел.

Содержание учебной дисциплины в программе представлено в виде разделов, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Учебная программа задает объем материала, подлежащего изучению в учебной дисциплине, и объем сведений по каждому изучаемому вопросу.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу в конце программы приведен список рекомендованной литературы.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 8 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Химия поверхности» отведено для очной формы получения высшего образования – 54 часа, в том числе 34 аудиторных часов, из них: лекции – 24 часа, практические занятия – 4 часа, управляемая самостоятельная работа – 6 часов (в том числе 4 часа дистанционное обучение).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетные единицы.

Форма текущей (промежуточной) аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Роль поверхности в химии твердого тела.

Раздел 2. Поверхности реальные и идеальные.

Поверхность в макро- и микроскопическом смысле.

Тема 2.1. Идеальная поверхность твердого тела.

Понятие об атомарно-чистой и атомарно-гладкой поверхности. Экспериментальные методы получения чистых поверхностей: скол в вакууме, термическая десорбция, ионная бомбардировка, холодная эмиссия, эпитаксиальное наращивание, химическая обработка и др. Дефекты структуры на атомарно-чистой поверхности.

Тема 2.2. Реальная поверхность твердого тела.

Поверхности сингулярные, вицинальные, диффузионные. Понятие о фрактальных поверхностях, фрактальная размерность поверхностей твердых тел. Слоистые кристаллы. Цеолиты. Фуллерены и нанотрубки.

Раздел 3. Особенности химической связи на поверхности.

Сходство и различия между поверхностью и объемными кристаллами, отдельными молекулами в газовой фазе или их различными агрегатами в растворах.

Особенности химической связи на поверхности. Концепция ненасыщенных связей. Восстановление характера связей поверхностных атомов путем адсорбции и/или изменения структуры поверхности.

Движение поверхностных атомов: релаксация, реконструкция, перемещение. Понятие о графитизации и фасетировании поверхности полупроводников.

Раздел 4. Описание поверхности твердых тел.

Статистическая (химическая) и зонная модели.

Тема 4.1. Описание поверхности в рамках статистической модели.

Статистическая модель как модель «поверхностной молекулы». Поверхностные центры. Центры, связанные с геометрическими факторами.

Поверхностные центры кислотного и основного типов (по Льюису и по Бренстеду), их взаимосвязь. Кислотно-основное равновесие на поверхности оксидов. Сравнение различных поверхностных центров. Влияние поверхностных кислотных и основных центров на химическую активность твердого тела.

Тема 4.2. Электронная структура поверхности твердых тел.

Модель желе. Описание поверхности в рамках зонной модели. Изгиб зон на поверхности, уровни поверхностных состояний и энергия Ферми. Область пространственного заряда и поверхностный потенциал. Поверхностные состояния донорного и акцепторного типа. Энергетические уровни поверхностных состояний. Состояние Тамма и Шокли. Примесные поверхностные состояния. Образование зон поверхностных состояний.

Влияние поверхностных состояний на свойства твердых тел и электронные явления в полупроводниках. Гетеропереход как внутренняя поверхность.

Сопоставление химического и электронного подхода к описанию поверхности.

Раздел 5. Адсорбция на поверхности твердых тел.

Тема 5.1. Адсорбция физическая и химическая.

Понятие об адсорбции. Экспериментальное определение величины адсорбции: весовой и объемный методы.

Мономолекулярная адсорбция Лэнгмюра. Полимолекулярная адсорбция: теория Поляни, теория Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ). Применение метода БЭТ для определения удельной поверхности твердых тел.

Тема 5.2. Роль адсорбированных атомов в образовании поверхностных структур.

Природа сорбционных соединений. Хемосорбция на металлах, полупроводниках и диэлектриках. Адсорбция на ионных твердых телах. Адсорбция на кислотных и основных центрах. Влияние адсорбции на электронные поверхностные состояния.

Раздел 6. Экспериментальные методы исследования поверхностей.

Тема 6.1. Методы изучения химического состава, атомной структуры и динамики атомов на поверхности. Электронная Оже-спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Масс-спектроскопия вторичных ионов. Резерфордское обратное рассеяние. ИК-спектроскопия. Рамановская спектроскопия. Термостимулированная десорбция. Эллипсометрия. Электронная микроскопия. Дифракция медленных электронов. Сканирующая туннельная микроскопия. Силовая атомная микроскопия. Электронная спектроскопия характеристических потерь. Рассеяние ионов низких энергий.

Тема 6.2. Методы экспериментального исследования кислотности поверхности. Метод цветowych индикаторов, метод термостимулируемой десорбции, анализ изменения каталитических свойств, ИК-спектроскопия.

Раздел 7. Химическое модифицирование поверхности твердых тел.

Тема 7.1. Модификаторы.

Основные типы модификаторов: кремнийорганические соединения, органические красители, ионы и мелкие частицы металлов, комплексы с переносом заряда, ферменты, полимеры. Требования к структуре модификатора.

Тема 7.2. Способы закрепления реагентов на поверхности твердых тел.

Обратимая адсорбция реагентов на поверхности: красители, пленки Лэнгмюра-Блоджетт.

Включение реагента в матрицу геля, пасты или полимера, микрокапсулирование. Методы и технология микрокапсулирования.

Золь-гель метод: стадии процесса. Модифицирование поверхности наночастиц, системы «ядро-оболочка», ормосилы.

Модифицирование поверхностей металлами: физические и химические методы. Электрохимическое и химическое осаждение мелких частиц металлов на поверхности твердых тел.

Модифицирование поверхности посредством образования химических связей. Метод иммобилизации.

Методы сборки на поверхности: матричный синтез Мэррифилда, метод молекулярного наслаивания, атомно-слоевая эпитаксия, химическая пайка.

Создание химически модифицированных систем с использованием техники трехмерной печати.

Тема 7.3. Принципы подбора условий модифицирования для получения поверхностей с определенными свойствами.

Влияние модифицирования поверхности на оптические, электрохимические и механические свойства материалов.

Использование модифицированных поверхностей в процессах молекулярного распознавания. Самосборка и самоорганизация на поверхности. Темплатный синтез.

Раздел 8. Роль химии поверхности в становлении и развитии современных технологий.

Химические сенсоры: схема работы, классификация. Биодатчики. Микроэлектромеханические системы (MEMS).

Материалы для микроэлектроники, микроботы. Молекулярные логические устройства: проблемы и перспективы создания.

Работы в области химии поверхности, выполняемые на химическом факультете и в НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Роль поверхности в химии твердого тела.	1					собеседование
2	Поверхности реальные и идеальные.	1					собеседование
3	Особенности химической связи на поверхности	1					тест
4	Описание поверхности твердых тел.	1					собеседование, контрольная работа
5	Адсорбция на поверхности твердых тел.	2					контрольная работа
6	Экспериментальные методы исследования поверхности твердых тел.	6	2			2 (ДО)	доклад, презентация, контрольная работа
7	Химическое модифицирование поверхности твердых тел	6	2			2 (ДО)	анализ научной статьи, презентация, контрольная работа
8	Роль химии поверхности в становлении и развитии современных технологий.	6				2	доклад, презентация
ИТОГО		24	4			6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Василевская, Е.И. Химия поверхности: конспект лекций [Электронный ресурс] / Е.И. Василевская; БГУ – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/46290>
2. Владимиров, Г.Г. Физика поверхности твердых тел: учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург: Лань, 2022.
3. Воробьева, Т.Н. Химия поверхности и тонких пленок / Т.Н. Воробьева, Е. И. Василевская. – Минск: БГУ, 2009.

Перечень дополнительной литературы

1. Альдорф, Т.Л. Фундаментальные основы анализа нанопленок / Т.Л. Альдорф, Л.К. Фельдман, Д. В. Майер. – М.: Научный мир, 2012.
2. Артемьев, М.В. Новые неорганические соединения и материалы на основе микро- и наноразмерных частиц: получение, свойства, применение / М.В. Артемьев, А. И. Лесникович, О.А. Ивашкевич . –Минск: БГУ, 2015.
3. Зенгуил, Э. Физика поверхности / Э. Зенгуил. – Москва: Мир, 1990.
4. Зураев, А.В. Супрамолекулярная химия: основные понятия и концепции: пособие / А. В. Зураев. – Минск: БГУ, 2022.
5. Катралл, Р.В. Химические сенсоры/ Р.В. Катралл. – М.: Научный мир, 2000.
6. Лисичкин, Г.В. Химия поверхности неорганических наночастиц / Г.В. Лисичкин, А.Ю. Оленин, И.И. Кулакова – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020.
7. Моррисон, С. Химическая физика поверхности твердого тела / С. Моррисон; под ред. Ф. Ф. Волькенштейна. - Москва: Мир, 1980.
8. Патрушева, Т.Н. Сенсорика. Современные технологии микро- и нанoeлектроники: учеб. пособие / Т.Н. Патрушева – Москва: Инфра-М; Красноярск: СФУ, 2014.
9. Ролдугин, В.И. Физикохимия поверхности: [учебник-монография] / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2008.
10. Физика и химия поверхности. Книга II. Химия поверхности (в 3-х томах) / Под ред. Картеля Н.Т. и Лобанова В. В. – Киев: Институт химии поверхности им. А.А.Чуйко НАН Украины; ООО «НПП «Интерсервис», 2018.
11. Химия новых материалов и биологически активных веществ / [авт.: О. А. Ивашкевич и др.; под общ. ред. Д. В. Свиридова]. – Минск: БГУ, 2016.
12. Хофман, Р. Строение твердых тел и поверхностей: взгляд химика-теоретика / Р. Хофман. – Москва: Мир, 1990.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Для текущего оценки достижений и контроля качества усвоения знаний студентами по учебной дисциплине «Химия поверхности» используется следующий диагностический инструментарий:

- ответы на практических занятиях, устный опрос;
- письменные тестовые задания;
- письменные контрольные работы по отдельным темам;
- сдача зачета по учебной дисциплине.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 6.1. Методы изучения химического состава, атомной структуры и динамики атомов на поверхности (2 часа)

Задания:

1. Проведите сравнительный анализ преимуществ и недостатков следующих методов исследования поверхности твердых тел: рассеяние ионов низких энергий и обратное резерфордовское рассеяние.
2. Проведите сравнительный анализ преимуществ и недостатков следующих методов исследования поверхности твердых тел: рассеяние ионов низких энергий и вторичная ионная масс-спектрометрия.
3. Проведите сравнительный анализ преимуществ и недостатков следующих методов исследования поверхности твердых тел: рассеяние ионов низких энергий и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.
4. Проведите сравнительный анализ преимуществ и недостатков следующих методов исследования поверхности твердых тел: рассеяние ионов низких энергий и оже-электронная спектроскопия.
5. Проведите сравнительный анализ преимуществ и недостатков следующих методов исследования поверхности твердых тел: рассеяние ионов низких энергий и дифракция электронов низких энергий.

Обеспечение на образовательном портале: материал лекции и презентация по теме; ссылки на основную и дополнительную литературу.

Перечень средств диагностики: доклад, презентация.

Тема 7.2. Способы закрепления реагентов на поверхности твердых тел (2 часа)

Задания:

6. Предложите методику модифицирования поверхности TiO_2 -электродов мелкими частицами серебра. Какие методы можно использовать для изучения указанной системы?
7. Предложите способы нанесения мелких частиц металлов на поверхность кремния и составьте программу исследования свойств указанной системы.

8. Предложите способы изменения состояния поверхности оксидного полупроводника.

9. Предложите способ нанесения на поверхность полупроводника монослоя органического красителя.

10. Рассмотрите возможные способы получения и методы исследования системы, представляющей собой гель SnO_2 , модифицированный солями молибдена (кобальта, никеля, меди и др.).

11. Рассмотрите возможные способы модифицирования порошков и пленок TiO_2 ионами Cu^{2+} и методы изучения указанных систем.

12. Рассмотрите возможные способы получения и методы исследования состояния поверхности платины, модифицированной органическими красителями.

13. Предложите способы иммобилизации ферментов на поверхности полупроводника.

14. Предложите способы закрепления на поверхности платины аминокислот или ферментов. Рассмотрите принцип действия простейшего биодатчика.

Обеспечение на образовательном портале: материал лекции и презентация по теме; ссылки на основную и дополнительную литературу.

Перечень средств диагностики: тестовая контрольная работа.

Раздел 8. Роль химии поверхности в становлении и развитии современных технологий (2 часа).

Задания:

1. Приведите известные вам классификации химических сенсоров.

2. Рассмотрите принцип работы химических сенсоров. В чем заключается роль рецептора, роль транзьюсера?

3. Пользуясь доступными источниками, подготовьте сообщение об одной из групп химических сенсоров. Какие работы по сенсорной тематике выполняются на химическом факультете БГУ?

4. Рассмотрите принцип действия простейшего биодатчика. Укажите перспективные области применения биодатчиков.

5. В чем суть метода темплатного синтеза?

6. Рассмотрите принципы создания и функционирования микроэлектромеханических систем (MEMS).

7. На основании анализа оригинальных литературных источников подготовьте сообщение о проблемах и перспективах создания молекулярных логических устройств.

8. Какие теоретические положения и методы исследования химии поверхности вы используете при подготовке курсовой работы по дисциплинам специализации?

Обеспечение на образовательном портале: материал лекции и презентация по теме; ссылки на основную и дополнительную литературу.

Перечень средств диагностики: доклад, презентация.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

Преподавание учебной дисциплины «Химия поверхности» предусматривает проведение лекций, практических занятий и управляемой самостоятельной работы студентов. На лекциях освещаются теоретические вопросы учебной дисциплины. На практических занятиях рассматриваются сложные или недостаточно освещенные в учебной литературе вопросы программы. Самостоятельная работа вне аудитории предполагает работу с учебной литературой, выполнение домашних заданий, работу на образовательном портале БГУ, подготовку к занятиям.

Организация учебного процесса по дисциплине «предусматривает использованием ряда **инновационных подходов и методов: обучающе-исследовательского, практико-ориентированного, развития критического мышления, метода анализа конкретных ситуаций (кейс-метод).**

Учебный процесс, организованный на основе **обучающе-исследовательского принципа**, призван формировать у студентов аналитический характер мышления, творческий подход к решению разнообразных задач, умение работать в коллективе в процессе изучения программного материала.

При проведении практических занятий студенты обеспечиваются планом занятия и творческими проблемными заданиями, которые и станут предметом обсуждения. При выполнении заданий на практических занятиях осуществляется творческая самореализация обучающихся в процессе создания образовательных продуктов, студенты имеют возможность проявить и усовершенствовать аналитические и оценочные навыки и находить наиболее рациональное решение поставленной проблемы. Используется также **кейс-метод**, который предполагает анализ конкретных ситуаций на основе информации преподавателя и литературных источников, собственного опыта. В итоге обучающийся получает не только определенные знания, но и навыки профессиональной деятельности (практико-ориентированный подход).

Практико-ориентированный подход предполагает освоение содержание образования через решения практических задач, приобретение навыков эффективного выполнения научно-профессиональной деятельности, ориентацию на генерирование идей и развитие научной культуры. Одновременно развиваются навыки **критического мышления**, связанные с пониманием научной информации и способами ее трансформации.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

В процессе организации самостоятельной работы студентов на аудиторных занятиях используются как традиционные (подготовка выступления, доклада, работа с тестами, выполнение заданий с консультациями преподавателя), так и инновационные (работа в группах, анализ реальных ситуаций, составление и представление презентаций и др.) формы и методы работы. Задания УСР по учебной дисциплине составляются с учетом индивидуальной подготовки студентов и могут быть представлены на разном уровне: от заданий, формирующих знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания, к заданиям, формирующим компетенции на уровне воспроизведения, и далее к заданиям, формирующим компетенции на уровне применения полученных знаний.

Внеаудиторная работа предполагает самостоятельную работу с учебными пособиями, материалами научных публикаций по изучаемым темам учебной дисциплины, а также подготовку к практическим занятиям. Учебно-программные материалы, материалы для самостоятельного освоения учебного материала, список рекомендуемой литературы размещены в сетевом доступе на образовательном портале educhem.bsu.by. При выполнении заданий требуется также осуществлять поиск и критический анализ информации в сети Интернет.

Реферат по одной из предложенных тем учебной дисциплины должен состоять из следующих структурных частей: титульного листа, введения, основной части, заключения и списка использованной литературы. Ссылки на литературные источники являются обязательными; допускается использование информации из электронных баз данных и сети Интернет. Объем реферата – не более 8–10 страниц формата А4.

Темы рефератов

1. Основные типы модификаторов
2. Основные типы носителей при модифицировании
3. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт
4. Матричный синтез Меррифилда
5. Метод молекулярного наслаивания
6. Модифицирование поверхности полупроводников
7. Модифицирование поверхности металлов
8. Модифицирование поверхности диоксида кремния
9. Модифицирование поверхности золота
10. Модифицирование поверхности металлами
11. Модифицирование поверхности биологически активными веществами
12. Модифицирование поверхности полимерами
13. Микроконтактная печать
14. Получение химически модифицированных материалов золь-гель методом
15. Микроэлектромеханические системы
16. Микрокапсулирование
17. Биосенсоры
18. Катализаторы на основе химически модифицированных материалов
19. Молекулярное поверхностное распознавание
20. Самосборка на поверхности как пример самоорганизации систем
21. Получение гетеропереходов полупроводник – диэлектрик, металл-диэлектрик – полупроводник, металл-полупроводник, диэлектрик-полупроводник.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Роль поверхности в химии твердого тела. Поверхности идеальные и неидеальные.
2. Характер химической связи у поверхности. Движение поверхностных атомов.
3. Методы получения атомарно-чистых и атомарно-гладких поверхностей.
4. Сопоставление химического и электронного подхода к описанию поверхности.
5. Поверхностные центры кислотного и основного типов (по Льюису и по Бренстеду).
6. Геометрическое описание поверхности.
7. Химическое модифицирование поверхности.
8. Основные типы модификаторов.
9. Способы закрепления реагентов на поверхности твердых тел.
10. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт.
11. Золь-гель метод.
12. Метод молекулярного наслаивания: суть метода, его достоинства и недостатки.
13. Суть матричного синтеза Мэррифилда.
14. Модифицирование поверхности металлами.
15. Химические сенсоры.
16. Биосенсоры.
17. Основные проблемы молекулярной электроники.
18. Самосборка на поверхности как пример самоорганизации систем.
19. Рассмотрите принцип действия простейшего биодатчика.
20. Исследование поверхности методом рассеяния ионов низких энергий. Сущность метода, его преимущества и недостатки в сравнении с другими физическими методами исследования поверхности.
21. Сравнение метода рассеяния ионов низких энергий и метода Резерфордского обратного рассеяния.
22. Исследование поверхности методом дифракции медленных электронов. Сущность метода, его преимущества и недостатки в сравнении с другими физическими методами исследования поверхности.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Химия твердого тела	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Утвердить согласование без внесения изменений, протокол №7 от 29.12.2022 г.
Нанохимия	Кафедра неорганической химии	Нет изменений	Утвердить согласование без внесения изменений, протокол №7 от 29.12.2022 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на ____ / ____ учебный год

№ п/ п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета (протокол № _ от _____ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
