|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  федеральное государственное АВТОНОМНОЕ образовательное учреждение высшего образования  «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» |
| **Озерский технологический институт –**  филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  **(ОТИ НИЯУ МИФИ)** |

|  |  |
| --- | --- |
|  | «УТВЕРЖДАЮ»  Зам. директора ОТИ НИЯУ МИФИ  О.В. Федорова  «30»\_августа 2021 |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

# «КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ »

(наименование дисциплины (модуля)

Специальность 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики »

Профиль подготовки \_Химическая технология материалов ЯТЦ\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Квалификация (степень) выпускника инженер \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Наименование образовательной программы \_\_Химическая технология материалов современной энергетики\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Форма обучения очная\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(очная, очно-заочная и др.)

г. Озерск, 2021 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Семестр** | **Интерактив** | **Трудоемкость, кред.** | **Общий объем курса, час.** | **Лекции, час.** | **Практич. занятия, час.** | **Лаборат. работы, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 8 |  |  |  | 16 | 18 | 16 | 25 | 0 | Э |
| ИТОГО |  | 4 | 75 | 16 | 18 | 16 | 25 | 0 |  |

**Аннотация**

Дисциплина «Коллоидная химия» предусматривает изучение студентами специальности «Химическая технология материалов современной энергетики» закономерностей, присущих дисперсным системам для оптимизации технологических процессов и для получения различных материалов, условий образования дисперсных систем, их молекулярно-кинетических и оптических свойств. Предусматривается также изучение устойчивости, структурообразования и реологических свойств дисперсных систем; особенностей поведения дисперсных систем и поверхностных явлений, применение этих основ в практической деятельности.

Цели освоения учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины «Коллоидная химия» являются реализация требований, установленных в Государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования. В процессе изучения дисциплины ставятся задачи:

* создание теоретической базы для успешного овладения специальными дисциплинами, такими как экология, защита окружающей среды; а также успешного освоения в последующем других химических и технологических дисциплин.
* Освоение основных явлений, таких как смачивание, адгезия, адсорбция, седиментация, коагуляция, флокуляция.
* Изучение гетерогенных процессов химической технологии, которые проводятся на максимальной поверхности контакта фаз, а значит, системы в реакционных аппаратах находятся в виде суспензий, паст, эмульсий, золей, пульп и т.д., изучение свойств которых необходимо для управления технологическими процессами.
* Изучение учения о поверхностных явлениях и свойствах адсорбционных слоев, получение и свойства дисперсных систем, управление устойчивостью и методы разрушения дисперсных систем, структурообразование являются основополагающими при подготовке инженеров-технологов.

Цель [учебной дисциплины](http://www.pandia.ru/text/category/uchebnie_distciplini/) «Коллоидная химия» состоит в освоении студентами теоретических и экспериментальных основ [коллоидной химии](http://www.pandia.ru/text/category/kolloidnaya_hiimya/), а также особенностей поведения дисперсных систем и изучение поверхностных явлений, применение этих основ в практической деятельности человека

Изучение дисциплины должно сформировать у студентов правильное понимание о поверхностных явлениях – фундаменте коллоидной химии.

**Задачи дисциплины:**

Задачи учебной дисциплины состоят в получении профессиональных знаний, освоении практических навыков и умений в области коллоидной химии. В «Коллоидной химии» изучаются фундаментальные законы, без которых невозможно понимание современных технологических процессов, применяемых в промышленности, в строительстве, а также при защите окружающей среды. Дисперсные системы широко распространены в природе (воздух, вода, почва) и в [техносфере](http://www.pandia.ru/text/category/tehnosfera/" \o "Техносфера), с ними связаны сложнейшие экологические проблемы (промышленные выбросы, стоки, отходы производства и т. д.).

К основным вопросам, изучаемым в данном курсе, относятся: свойства границ раздела фаз (межфазных поверхностей); поверхностные явления (адсорбция, смачивание, капиллярные явления и электроповерхностные явления); пути и условия образования дисперсных систем, их молекулярно-кинетические и оптические свойства; устойчивость и эволюция дисперсных систем, структурообразование и реологические свойства дисперсных систем; изучение путей и способов управления свойствами дисперсных систем.

Поверхностные явления (смачивание, адсорбция, коагуляция) лежат в основе большого числа промышленных процессов: флотация, отстаивание, фильтрация, гранулирование, сушка и др. Универсальность дисперсного состояния вещества определяет фундаментальность и междисциплинарность коллоидной химии, ее роль и значение для ряда естественных наук: геологии, почвоведения, биологии, медицины, материаловедения.

Знание закономерностей, присущих дисперсным системам, необходимо, как для оптимизации технологических процессов, так и для получения различных материалов с заданными свойствами:

**МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Дисциплина «Коллоидная химия» входит в образовательный модуль базовой части математического и естественнонаучного цикла дисциплин ФГОС ВПО по подготовке выпускников по специальности «Химическая технология материалов современной энергетики» и тесно связана с изучением других дисциплин, входящих в этот цикл:

- с аналитической химией,

- неорганической химией,

- физической химией,

- органической химией,

а также для выполнения научно-исследовательских работ студентов, курсовых работ, производственной практики.

Универсальность дисперсного состояния вещества определяет фундаментальность и междисциплинарность коллоидной химии, ее роль и значение для ряда естественных наук: геологии, почвоведения, биологии, медицины, материаловедения.

Для изучения данной дисциплины студент должен обладать знаниями:

- по разделам математики: математический анализ, линейная алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения и математическая статистика;

- по курсам «Информатика»

3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ модуля)/ ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1, ОПК-1, ОПК-2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ПК-1 | Способен самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей | З-ПК-1 Знать: методики проведения комплексных исследований в промышленных и лабораторных условиях методики обработки и обобщения полученных результатов, методики адекватности и анализ исследуемой математической зависимости.  У-ПК-1 Уметь: проводить все основные промышленные и лабораторные исследования в области исследования современной энергетики с использованием современной аппаратуры, проводить предварительную оценку методов исследований, выбирать оптимальную методику, грамотно осуществлять исследование и самостоятельно обрабатывать  В-ПК-1 Владеть:  современными тенденциями постановки и планирования эксперимента, последними научными достижениями в области проведения  промышленных и лабораторных исследований с использованием новейшей аппаратуры, современными методами обработки полученных результатов и математического аппарата  , разработки стратегий действий |
| ОПК-1 | Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения своей профессиональной деятельности. | З-ОПК-1. Знать: математический аппарат, физические и химические законы, необходимые для решения профессиональных задач в области химии и технологии ядерного топливного цикла, основные теоретические положения смежных естественнонаучных дисциплин  У-ОПК-1 Уметь: определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов математических и естественнонаучных дисциплин, необходимых в профессиональной деятельности, применять знания математики и естественнонаучных дисциплин для анализа и обработки результатов химических экспериментов.  В-ОПК-1. Владеть: навыками использования теоретических основ базовых разделов математики и естественнонаучных дисциплин при решении задач в области химии и технологии ядерного топливного цикла. |
| ОПК-2 | Способен использовать современное технологическое и аналитическое оборудование в профессиональной и научно-исследовательской деятельности | З-ОПК-2 Знать: современное технологическое и аналитическое оборудование, применяемое в атомной промышленности, способы его использования при проведении научных исследований.  У-ОПК-2 Уметь:обоснованно выбирать технологическое и аналитическое оборудование для решения задач своей профессиональной деятельности; уметь анализировать полученные результаты научных исследований.  В-ОПК-2 Владеть: навыками работы на современном технологическом и аналитическом оборудовании и проведения с его использованием научных исследований |

4 СТРУКТУРА и содержание учебной дисциплины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п** | **Наименование раздела учебной дисциплины** | **Недели** | **Лекции, час.** | **Практ. занятия/ семинары, час.** | **Лабораторные работы, час.** | **Обязат. текущий контроль (форма\*, неделя)** | **Аттестация раздела (форма\*, неделя)** | **Максимальный балл за раздел\*\*** |
|  | *8 семестр* |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Раздел 1-2 | 1-3 |  |  |  | ЛР-1 |  | 4 |
| 2 | Раздел 3 | 3-6 |  |  |  | ЛР2,ЛР3 | КИ | 16 |
| 3 | Раздел 4 | 7-12 |  |  |  |  | КИ | 8 |
| 4 | Раздел 5 | 13-16 |  |  |  | ЛР-4 | КИ,ИДЗ | 22 |
|  | Итого за 8семестр |  | 16 | 16 | 16 |  | Э | 50 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 100 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

КИ Контроль по итогам

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Содержание / Темы занятий** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *8 семестр* | 16 | 16 | 16 |
| 1 | Предмет и содержание курса коллоидной химии. Коллоидная химия как наука о поверхностных явлениях и физико-химических свойствах дисперсных систем. Классификация дисперсных систем по размеру частиц, по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, по характеру взаимодействия между дисперсной фазой и средой.  Коллоидные системы как гетерогенные, термодинамические, неравновесные системы. Избыток поверхностной (свободной) энергии как причина термодинамической неустойчивости коллоидных систем. Возможность существования равновесных коллоидных систем. Молекулярные и ионные стабилизаторы и их роль в придании коллоидной системе временной устойчивости. |  |  |  |
| 2 | **Тема 2. Адгезия, смачивание и растекание жидкостей**  Количественные характеристики когезии и адгезии. Механизм процессов когезии и адгезии. Смачивание и краевой угол. Смачивание реальных твердых тел. Растекание жидкости. Эффект Марангони. Влияние на смачивание присутствия поверхностно-активных веществ. Теплота смачивания. |  |  |  |
| 3 - 4 | **Тема 3. Поверхностное натяжение Адсорбция равновесие**  Поверхностное натяжение Физический смысл. Методы определения поверхностного натяжения: метод отрава капли от капилляра. Понятие об адсорбции. Адсорбция и ее связь с параметрами адсорбции. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностная активность. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Емкость монослоя, поверхностная концентрация. Гиббсовская адсорбция. Понятие об интегральной и дифференциальной теплоте адсорбции. Теория мономолекулярной адсорбции Уравнение Ленгмюра. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Уравнение теории БЭТ.  Обменная молекулярная адсорбция из растворов. Гиббсовская адсорбция из бинарных растворов Селективность адсорбции из растворов и влияние на нее различных факторов.  Адсорбция поверхностно-активных веществ. Уравнение Шишковского. Уравнение состояния поверхностных пленок.  Адсорбция на границе твердое тело – раствор. Правило уравнения полярностей Ребиндера. Влияние на адсорбцию природы растворителя, природы и пористости адсорбента и природы адсорбата. Гиббсовская адсорбция из бинарных растворов. Обменная адсорбция сильных электролитов. |  |  |  |
| 5-6 | **Тема 4. Кинетические и оптические свойства коллоидных систем**  Электрокинетические явления. Строение двойного ионного слоя (ДЭС) по Гельмгольцу-Перрену, Штерну и Гуи-Чэпмену. Электрокинетический потенциал. Электроосмос. Электрофорез. Потенциалы течения и седиментации. Применение электрокинетических явлений.  Явления, наблюдающиеся при прохождении света через дисперсные системы. Светорассеивание и методы его наблюдения. Уравнения Рэлея, границы его применимости.  Светопоглощение дисперсными системами. Уравнение Ламберта-Беера. Оптическая плотность Ультрамикроскопия. Турбидиметрия. Нефелометрия. |  |  |  |
| 7-8 | **Тема 5. Агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем**  Современные представления о факторах стабилизации коллоидных систем: электростатическом, адсорбционно-сольватном, энтропийном, струкрурно-механическом. Потенциальные кривые и энергетический барьер, ближняя и дальняя агрегация. Электрическая и молекулярная составляющие расклинивающего давления.  Коагуляция коллоидных систем. Явная и скрытая коагуляция. Правила коагуляции электролитами. Медленная и быстрая коагуляция. Кинетика быстрой коагуляции по Смолуховскому. Строение мицелл золя коллоидных систем.  Механизм коагуляции. Недостатки химической, адсорбционной и электрической теории коагуляции электролитами. Теория коагуляции Дерягина, Ландау, Фервея и Овербека (теория ДЛФО). Нейтрализационная и концентрационная коагуляция по Дерягину. Основные явления, наблюдаемые при коагуляции: непрерывные ряды, привыкание, синергизм и антагонизм в действии ионов. Коллоидная защита. Гетерокоагуляция и гетероадагуляция.  Отдельные представители микрогетерогенных систем:  Аэрозоли – системы с газообразной дисперсной средой. Свойства аэрозолей. Причины их агрегативной и седиментационной устойчивости.  Пены. Стабилизаторы пен и предъявляемые к ним требования: поверхностная активность и механические свойства адсорбционного слоя. Влияние стабилизаторов на устойчивость пен. Значение пен для практики.  Эмульсии. Прямые и обратные эмульсии. Разбавленные, концентрированные, высококонцентрированные эмульсии. Стабилизаторы эмульсий. Разрушение эмульсий. Понятие о деэмульгаторах. |  |  |  |

ТЕМЫ практических занятий

|  |  |
| --- | --- |
| **Недели** | **Содержание / Темы занятий** |
|  | *8 семестр* |
| 2 | Поверхностные явления и поверхностное натяжение |
| 4 | Адсорбционные равновесия |
| 6 | Адсорбция газов и паров на однородной поверхности. |
| 8 | Обменная адсорбция из растворов. Адсорбция поверхностно-активных веществ. |
| 10 | Кинетические свойства и оптические свойства дисперсных систем. Оптические свойства дисперсных систем. |
| 11 | Оптические свойства дисперсных систем. Явление рассеивания света. Турбидиметрия и нефелометрия. |
| 13 | Строение мицеллы золя. Коагуляция дисперсных систем. |
| 15 | Термодинамика мицеллообразования. Строение мицелл ПАВ. Набухание ВМС. Вязкость растворов ВМС. |

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

|  |  |
| --- | --- |
| **Недели** | **Содержание / Темы занятий** |
|  | *8 семестр* |
| 8 | Исследование адсорбции ПАВ из раствора на поверхности твердых тел. |
| 9 | Изучение адсорбции ПАВ на границе раздела раствор-газ |
| 10 | Получение гидрозоля гидроксида железа. Изучение его коагуляции. |
| 11 | Определение изоэлектрической точки раствора желатина. |

**Вопросы к экзамену**

1. Поверхностное натяжение. Термодинамическое определение поверхностного натяжения Физический смысл по Юнгу. Единицы измерения.

2. Методы определения поверхностного натяжения: метод максимального давления в пузырьке, сталагмометрический метод. Метод отрыва кольца.

3. Адсорбция газов и паров на однородной поверхности.

4. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса.

5. Изотерма Генри.

6. Мономолекулярная адсорбция. Изотерма Ленгмюра. Степень заполнения адсорбента. Графическое определение постоянных параметров адсорбционной изотермы.

7. Основные положения теории полимолекулярной адсорбции. Уравнение изотермы полимолекулярной адсорбции БЭТ.

8. Поверхностная активность. Физический смысл. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества.

9. Гиббсовская адсорбция из бинарных растворов.

10. Селективность адсорбции из растворов и влияние на них различных факторов.

11. Кинетика адсорбции. Энергия активации адсорбции.

12. Уравнение изотермы адсорбции из растворов с константой обмена (с выводом).

13. Адсорбция поверхностно-активных веществ. Уравнение Шишковского.

14. Образование и строение двойного электрического слоя (ДЭС).

15. Строение мицеллы золя.

21. Электрокинетические явления. Электрокинетический потенциал.

21. Электроосмос. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского. Электроосмотическая. подвижность.

22. Электрофорез. Электрофоретическая подвижность. Релаксационный эффект и электрофоретическое торможение.

23. Оптические свойства дисперсных систем. Рассеивание света ультрамикрогетерогенными системами. Нефелометрия. Турбидиметрия.

24. Классификация и общая характеристика поверхностно-активных веществ.

25. Термодинамика и механизм мицеллообразования.

26. Порог коагуляции. Быстрая коагуляция. Коагуляция электролитами. Нейтрализационная и концентрационная коагуляция. Правила Шульце-Гарди и Дерягина-Ландау.

27. Коагуляция гидрофобных дисперсных систем электролитами. Электростатическая составляющая расклинивающего давления.

28 Мицеллообразование в неводных средах. Гидрофильно-липофильный баланс (числа ГЛБ).

29. Набухание и растворение и высокомолекулярных соединений. Степень набухания. Скорость набухания Уравнение Фрейндлиха и Позняка.

30. Строение мицелл ПАВ. Солюбилизация в растворах мицеллообразующих ПАВ.

31. Основные факторы, влияющие на ККМ: строение углеводородного радикала, наличие в растворе электролитов и неэлектролитов. Методы определения ККМ.

32. Эмульсии. Классификация эмульсий. Стабилизация эмульсий.

33. Пены. Особенности стабилизации пен. Параметры, характеризующие устойчивость пен.

**5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации программы дисциплины «Коллоидная химия» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий (34 часа)

занятия проводятся в форме лекций (широко применяется компьютерная презентация), практических (семинарских) занятий, выполнения лабораторных работ. Для контроля усвоения разделов данного курса каждый студент выполняет два индивидуальных домашних задания. При приеме домашнего задания и при защите лабораторных работ проводится собеседование и опрос в устной форме.

Самостоятельная работа студентов (60 часов) подразумевает проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам с использованием рекомендуемой литературы, а также выполнение индивидуального домашнего задания.

В качестве промежуточной оценки успеваемости студентов используются контрольные задания, а также индивидуальные домашние задания по темам.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ РЕАЛИЗУЕМОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

• проведение контрольных опросов при проведении лекций и лабораторных занятий;

• проведение промежуточного семестрового контроля;

• выполнение индивидуальных заданий к лабораторному практикуму;

• заключительный экзамен.

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник для вузов. / Ю.Г. Фролов. – М.: Альянс, 2014. – 462 с.

2. Кудряшов И.В. Сборник примеров и задач по физической химии. / И.В. Кудряшов, Г.С. Каретников. – М.: Альянс, 2014. – 528 с.

3. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. / Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. – М.: Химия, 1986.

4. Ростунова Г.А., Хацкевич В.А. Поверхностные явления и дисперсные системы: Методическое руководство к лабораторному практикуму. – Озерск: ОТИ МИФИ, 2006. – 42 с.

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Краткий справочник физико-химических величин. / Под ред. А. Равделя и М. Пономаревой. – М.: Химия, 1983; 1974.

1. Практикум по коллоидной химии. / Под ред. И.С. Лаврова. – М.: Высшая школа.

Шершавина А.А. Индивидуальные задания по коллоидной химии. Учебное пособие – Минск. Новое знание,2008 – 272с.

1. Гельфман М, Ковалевич О, Юстратов В. Коллоидная химия. Учебник для вуГельфман М, Ковалевич О, Юстратов В М.- Санкт- Петербург- Москва: Лань, 2010. – 332 с.

в) ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

Специальное программное обеспечение не требуется

**8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание должно быть представлено в локальной интернет-сети вуза. Имеется доступ к сети Интернет (во время самостоятельной подготовки).

**Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по специальности «Химическая технология материалов современной энергетики».**

**Авторы:**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Г.А. Ростунова, доцент кафедры «Химия и химическая технология» ОТИ НИЯУ МИФИ;**

**Рецензент(ы)**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И.Г. Тананаев, д.х.н., профессор, член-корреспондент РАН**

Учебная программа рассмотрена на заседании кафедры «Химии и химической технологии» (ХиХТ) ОТИ НИЯУ МИФИ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 года и рекомендована для подготовки специалистов.

Учебная программа утверждена на заседании методического совета института \_\_\_\_ \_\_\_\_\_ 20\_\_, протокол \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_