Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 03.07.2025 13:24:14
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b348

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
« 27 » февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Криохимическая нанотехнология»

Направление подготовки
16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль **«Криогенные технологии индустрии водорода и систем сжиженного газа»**

Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

профессор, к.т.н. / С.В. Белуков /

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Техника низких температур»,
к.т.н. / Д.А. Некрасов /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
5. Материально-техническое обеспечение 8
6. Методические рекомендации 8
7. Фонд оценочных средств 10

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «**Криохимическая нанотехнология**» следует отнести:

– изучение современных криохимических методов получения наноматериалов;

– расчет, проектирование, аппаратурное оформление способов получения нано- и термолабильных материалов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «**Криохимическая нанотехнология**» следует отнести:

– получение представления о современных достижениях низкотемпературной техники в области разработки высокоэффективных, экономических схем для получения сублимационных установок и установок криогранулирования;

– изучение методов проектирования установок получения нано- и термолабильных материалов для пищевой, медицинской промышленности и биотехнологии.

Обучение по дисциплине «Криохимическая нанотехнология» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИУК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, осуществляет её декомпозицию и определяет связи между ее составляющими. ИУК-1.2. Определяет противоречивость и пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, а также критически оценивает релевантность используемых информационных источников. ИУК-1.3. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов с учетом оценки существующих рисков и возможностей их минимизации.
ПК-2 - готовность использовать прикладное и специализированное программное обеспечение	ИПК- 2.1 Знает прикладные компьютерные программы для разработки технической документации и создания презентаций ИПК-2.2 Умеет применять программные средства общего и специального назначения для интеллектуальной обработки полученных данных и цифрового моделирования путей их применения ИПК-2.3 Умеет применять программы дополненной и виртуальной реальности для параллельного цифрового проектирования изделия по тематике и моделирования путей его разработки и изготовления

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Криохимическая нанотехнология» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

– «Теоретические основы криогенной техники»

– «Перспективы развития низкотемпературных систем и установок».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часа (ов)).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			2	
1	**Аудиторные занятия**	**32**	**32**	
	В том числе:			
1.1	Лекции	16	16	
1.2	Семинарские/практические занятия	16	16	
1.3	Лабораторные занятия			
2	**Самостоятельная работа**	**112**	**112**	
	В том числе:			
2.1	Проработка лекционного материала	56	56	
2.2	Подготовка к семинарам	56	56	
2.3	Подготовка к лабораторным работам			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**		
	Итого	**144**	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

1. Введение, определения и понятия «нанотехнология».
2. Состояние и основные проблемы криогранулирования жидкофазных систем.
3. Влияние на конечное качество целевого продукта параметров замораживания.
4. Основные узлы криогрануляторов, основные принципы низкотемпературной кристаллизации.
5. Структуризация технологического процесса получения криогранул жидкофазных систем при многофакторном требовании качества на основе системного анализа.
6. Процесс охлаждения летящей капли в атмосфере паров жидкого криогенного агента.
7. Процесс замораживания капель жидкости различного диаметра в хладагентах.
8. Аппаратурно-технологическое оформление сублимационных процессов.
9. Аттестация наноматериалов и охрана окружающей среды.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
	1. Введение, определения и понятия «нанотехнология».	**8**	1				7
	2. Состояние и основные проблемы криогранулирования жидкофазных систем.	**8**	1				7
	3. Влияние на конечное качество целевого продукта параметров замораживания.	**12**	2				10
	4. Основные узлы криогрануляторов, основные принципы низкотемпературной кристаллизации.	**14**	2				12
	5. Структуризация технологического процесса получения криогранул жидкофазных систем при многофакторном требовании качества на основе системного анализа.	**14**	2				12
	6. Процесс охлаждения летящей капли в атмосфере паров жидкого криогенного агента.	**30**	2	8			20
	7. Процесс замораживания капель жидкости различного диаметра в хладагентах	**30**	2	8			20
	8. Аппаратурно-технологическое оформление сублимационных процессов.	**14**	2				12
	9. Аттестация наноматериалов и охрана окружающей среды.	**14**	2				12
	Итого	**144**	**16**	**16**			**112**

3.3 Содержание дисциплины

1. Введение, определения и понятия «нанотехнология».
2. Состояние и основные проблемы криогранулирования жидкофазных систем.
3. Влияние на конечное качество целевого продукта параметров замораживания.
4. Основные узлы криогрануляторов, основные принципы низкотемпературной кристаллизации.
5. Структуризация технологического процесса получения криогранул жидкофазных систем при многофакторном требовании качества на основе системного анализа.
6. Процесс охлаждения летящей капли в атмосфере паров жидкого криогенного агента.
7. Процесс замораживания капель жидкости различного диаметра в хладагентах.
8. Аппаратурно-технологическое оформление сублимационных процессов.
9. Аттестация наноматериалов и охрана окружающей среды.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

1. Процесс охлаждения летящей капли в атмосфере паров жидкого криогенного агента.
2. Процесс замораживания капель жидкости различного диаметра в хладагентах

3.4.2. Лабораторные занятия

нет

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

нет

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 33662.4-2015 (ISO 5149-4:2014) Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление [Текст]. - Введ. 2017-07-01. - М. : Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2016.

4.2 Основная литература

1. Короткий, И. А. Теория и расчет криогенных систем : учебное пособие / И. А. Короткий. — Кемерово : КемГУ, 2022. — 166 с. — ISBN 978-5-8353-2918-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/290588(дата обращения: 20.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Усов, А. В. Актуальные проблемы и перспективы развития низкотемпературной техники : учебное пособие / А. В. Усов. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 136 с. — ISBN 978-5-8353-2675-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162592 (дата обращения: 18.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3 Дополнительная литература

нет

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Криохимическая нанотехнология
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=8301

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

нет

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

нет

Ссылки на ресурсы должны содержать актуальный электронный адрес и быть доступными для перехода с любого компьютера.

5. Материально-техническое обеспечение

Лекционные и практические занятия и лабораторные работы проводятся в специализированных аудиториях кафедры Ав2214 и Ав2103, оснащенных соответствующим испытательным стендовым оборудованием, плакатами, натурными образцами узлов, деталей машин.

При кафедре работает консультационно-вычислительный класс Ав2209 для самостоятельной работы, оснащенный компьютерами с соответствующим расчетным и графическим программным обеспечением.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах

конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их

подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов получения образования обучающимися и направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к лекционным,семинарским (практическим) занятиям
- подготовка к тестированию с использованием общеобразовательного портала.

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра

- Устный опрос, собеседование
- Тестирование

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Результаты обучения оцениваются по балльной шкале, баллы начисляются студенту по результатам выполнения обязательных работ.

Оценка	Количество баллов
отлично	от 81 до 100
хорошо	от 61 до 80
удовлетворительно	от 41 до 60
неудовлетворительно	40 и менее

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Темы для устных опросов

1. Физические основы процесса сублимационного обезвоживания.
2. Сублимационные установки коллекторного типа.
3. Процесс криогранулирования как единая система.
4. Сублимационное обезвоживание. Физические основы процесса.
5. Системы контроля процесса сублимационного типа.
6. Аппаратурное оформление процесса криогранулирования.
7. Сублимационное обезвоживание. Взаимосвязь технологического режима.
8. Установки сублимационного обезвоживания. Установки лабораторного типа малой производительности.
9. Классификация основных типов криогрануляторов.
10. Криогранулирование и нанотехнологии.
11. Связь выбора элементов сублимационных установок в зависимости от параметров целевого продукта.
12. Криогранулирование иммерсионного типа.
13. Криохимическая нанотехнология.
14.Схемы методов низкотемпературного криогранулирования.
15. Основные элементы сублимационных установок.
16. Аппаратурное оформление процесса криогранулирования.
17. Использование охлаждения и замораживания в различных технологиях.
18. Классификация сублимационных установок.
19. Основные блоки и системы установок сублимационного обезвоживания.
20. Определение интенсивности и продолжительности замораживания и охлаждения.
21. Установки сублимационного обезвоживания средней производительности.

22. Процесс криогранулирования как единая система.

23. Роль воды в биологических системах при использовании низкотемпературных технологий.

24. Коллекторные сублимационные установки.

25. Способы криогранулирования.

Темы докладов

1. Сублимационное обезвоживание, как способ обезвоживания микробиологических суспензий.

2. Сублимационное обезвоживание, как способ обезвоживания органических суспензий.

3. Сублимационное обезвоживание, как способ обезвоживания неорганических суспензий.

4. Криогранулирование, как способ замораживания микробиологических суспензий.

5. Криогранулирование, как способ замораживания обезвоживания органических суспензий.

6. Криогранулирование, как способ замораживания неорганических суспензий.

7. Сублимационное обезвоживание медицинских препаратов.

8. Сублимационное обезвоживание пищевых продуктов.

Пример тестового задания.

1. В каких единицах измерения выражается плотность замораживаемого продукта?

=кг/м3

~м3/кг

~м3

~кг/м2

2. Верно ли утверждение, что работоспособность и надежность криогенного оборудования в значительной степени определяется конструкционными материалами?

=Верно

~Неверно

3. Когда был синтезирован первый фреон?

~В 1910 годах

=В 1930 годах

~В 1950 годах

~В 1970 годах

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по

дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Примерные вопросы к экзамену

1. Физические основы процесса сублимационного обезвоживания.
2. Сублимационные установки коллекторного типа.
3. Процесс криогранулирования как единая система.
4. Сублимационное обезвоживание. Физические основы процесса.
5. Системы контроля процесса сублимационного типа.
6. Аппаратурное оформление процесса криогранулирования.
7. Сублимационное обезвоживание. Взаимосвязь технологического режима.
8. Установки сублимационного обезвоживания. Установки лабораторного типа малой производительности.
9. Классификация основных типов криогрануляторов.
10. Криогранулирование и нанотехнологии.
11. Связь выбора элементов сублимационных установок в зависимости от параметров целевого продукта.
12. Криогранулирование иммерсионного типа.
13. Криохимическая нанотехнология.
14. Схемы методов низкотемпературного криогранулирования.
15. Основные элементы сублимационных установок.
16. Аппаратурное оформление процесса криогранулирования.
17. Использование охлаждения и замораживания в различных технологиях.
18. Классификация сублимационных установок.
19. Основные блоки и системы установок сублимационного обезвоживания.
20. Определение интенсивности и продолжительности замораживания и охлаждения.
21. Установки сублимационного обезвоживания средней производительности.
22. Процесс криогранулирования как единая система.
23. Роль воды в биологических системах при использовании низкотемпературных технологий.
24. Коллекторные сублимационные установки.
25. Способы криогранулирования.

Образец экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет **ХТиБ** Кафедра **Техника низких температур**
Дисциплина **Криохимическая нанотехнология**
Направление **16.04.03**
Курс 1 группа **224-551,** форма обучения **очная**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1.

1.Физические основы процесса сублимационного обезвоживания.
2.Аппаратурное оформление процесса криогранулирования
3.Способы криогранулирования.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Криохимическая нанотехнология».

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетвори-тельно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетвори-тельно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.