Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 08.07.2024 10:25:49
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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 /

«13» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Криохимическая нанотехнология

Направление подготовки/специальность

18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий

Профиль/специализация

Автоматизированное производство химических предприятий

Квалификация

Инженер

Формы обучения

очная

Москва, 2024 г.

Разработчик(и):

Профессор каф. «АОиАТП имени профессора М.Б. Генералова»

д.т.н., проф.  /И.А.Кузнецова/

Согласовано:
И.о. зав. каф. «АОиАТП имени профессора М.Б. Генералова»

к.т.н.  /А.С.Кирсанов/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
5. Материально-техническое обеспечение 9
6. Методические рекомендации 9
7. Фонд оценочных средств 11

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

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

– формирование знаний об основных методах получения ультрадисперсных и наноматериалов, особенностях свойств таких материалов и областей применения.

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста, в том числе формирование умений по усовершенствованию и разработке новых, более эффективных методов получения наноматериалов, оценке их качества и применения.

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

– освоение методологии, анализа и выбора принципов и методов создания нановеществ, освоение методов и условий проведения экспериментов по созданию материалов наноразмерного уровня, порядка определения и обработки полученной информации.

В ходе лекционных, семинарских и практических занятий полученные теоретические знания углубляются и закрепляются на конкретных практических примерах. Полученные знания должны обеспечить будущему специалисту возможность успешной работы по специальности.

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

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ПК-1 Способен управлять автоматизированными технологическими процессами производства энергонасыщенных материалов и изделий	ИПК-1.1 Знать технологию выполнения проектно-инженерных расчетов при проектировании производств энергонасыщенных материалов и изделий, основы автоматического контроля; математические основы теории управления и обработки технологических параметров. ИПК-1.2 Уметь разрабатывать мероприятия по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, ~~но~~ предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; оценивать информационную производительность систем управления; работать с современными программными пакетами сбора, обработки, представления и хранения информации. ИПК-1.3 Владеть методами управления автоматизированными технологическими процессами производства энергонасыщенных материалов и изделий; специальной терминологией и

	нормативной базой в области проектирования систем автоматизации; основными навыками работы с проектной документацией систем автоматизации химико-технологических производств.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Криохимическая нанотехнология» относится к числу элективных учебных дисциплин, формируемых участниками образовательных отношений и входит в образовательную программу подготовки специалистов по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, профиль «Автоматизированное производство химических предприятий».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Криохимическая нанотехнология» составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			8
1	**Аудиторные занятия**	**54**	54
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36
2	**Самостоятельная работа**		
	В том числе:	**90**	90
2.1	Реферат	+	+
2.2	Самостоятельная работа	**+**	+
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Экзамен**	Экзамен
	Итого	**144**	144

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	

1	Тема 1. Введение. Общие сведения о наноматериалах		2				4
2	Тема 2. Основные химические методы получения наночастиц		2	2			6
3	Тема 3. Приготовление и диспергирование растворов		2	4			10
4	Тема 4. Получение твердых гранул		2	6			4
5	Тема 5. Сублимационная сушка Десублимация		2	4			6
6	Тема 6. Криоэкстракция и криоосаждение		2	6			10
7	Тема 7. Процессы переработки нанопродуктов криосинтеза		2	4			20
8	Тема 8. Аппаратурно-технологическое оформление сублимационных процессов		2	6			20
9	Тема 9. Аттестация наноматериалов и охрана окружающей среды		2	4			10
Итого		**144**	**18**	**36**			**90**

3.3 Содержание дисциплины

Введение

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Общие вопросы нанотехнологии и наноматериалов. Нанотехнологии среди других наук.

Общие сведения о наноматериалах.

Наночастицы. Классификация наноматериалов по размерам частиц. Основные свойства наноматериалов.

Влияние размерного фактора на свойства частиц. Нановолокна. Нанопленки. Объемные наноструктуры.

Основные химические методы получения наночастиц.

Общие сведения о методах получения наночастиц. Получение наночастиц в газовой фазе. Осаждение наночастиц в газовой фазе. Сверхзвуковое истечение газов из сопла. Термическое разложение и восстановление.

Получение наночастиц в жидкой фазе. Осаждение в растворах и расплавах. Осаждение при сверхкритических условиях. Золь-гель метод. Электрохимический метод получения наночастиц.

Получение наночастиц с использованием плазмы. Механохимический синтез. Биохимические методы получения наноматериалов. Криохимический метод. Общие сведения о криохимической технологии. Основные процессы криохимической технологии.

Приготовление и диспергирование растворов.

Приготовление растворов. Диспергирование растворов. Характеристика диспергирования жидкостей.

Теория диспергирования при истечении из отверстий. Диспергирование жидкостей форсунками. Получение капель электрическими методами.

Получение твердых гранул.

Основные особенности процесса кристаллизации растворов. Кинетика процесса кристаллизации. Создание пересыщения, зарождение и рост кристаллов. Формирование структуры твердой фазы в процессе криокристаллизации.

Замораживание в криогенных и охлаждаемых жидкостях. Замораживание в криогенных жидкостях. Замораживание в охлаждаемых жидкостях. Замораживание на охлаждаемой поверхности. Замораживание растворов в тонком слое на плоских теплоотводящих поверхностях.

Замораживание капель на охлаждаемой твердой поверхности. Замораживание в вакууме. Тепло- и массообмен при замораживании капли в потоке хладоагента. Особенности гранулообразования при замораживании в вакууме. Дисперсность криопродуктов.

Сублимационная сушка.

Физико-химические основы процесса сублимационной сушки. Общие сведения о процессе сублимационной сушки. Механизм и кинетика сублимационной сушки. Тепло- и массообмен при сублимационном обезвоживании криогранул.

Сублимационное обезвоживание при радиационном излучении. Сублимация при подводе энергии через замороженный слой материала.

Десублимация.

Общие сведения. Десублимация при движении пара в направлении, нормальном к плоской охлаждаемой поверхности.

Десублимация при движении пара вдоль охлаждаемой поверхности.

Криоэкстракция и криоосаждение.

Физико-химические особенности процесса криоосаждения.

Физико-химические особенности процесса криоэкстракции

Процессы переработки нанопродуктов криосинтеза.

Основные сведения о процессах переработки криогранулята. Метастабильное состояние криопродуктов. Процесс старения. Дегидратация и термическое разложение. Измельчение твердых тел. Общие понятия. Теория измельчения.

Конструирование измельчающих устройств. Смешивание порошковых материалов. Теория процесса смешения. Конструкции смесителей. Компактирование порошков.

Физико-химические особенности компактирования нанопорошков. Компактирование нанопорошков при статическом силовом воздействии. Компактирование нанопорошков при динамическом силовом воздействии. Спекание пористых тел.

Аппаратурно-технологическое оформление сублимационных процессов.

Основные технологические схемы процессов сублимации и десублимации при получении наноматериалов. Аппаратурное оформление процессов сублимации и десублимации.

Сублимационные сушильные аппараты. Десублимационные конденсаторы. Вакуумные насосы для сублимационных установок. Материальный и тепловой балансовые расчеты.

Аттестация наноматериалов и охрана окружающей среды.

Методы исследования при аттестации наноматериалов. Определение дисперсности наноматериалов. Методы определения элементного состава дисперсных сред. Методы анализа фазового состава.

Методы исследования поверхности наноматериалов. Наноматериалы и охрана окружающей среды. Использование наноматериалов для защиты окружающей среды. Экология в производстве и применении наноматериалов.

3.4 Тематика семинарских и практических занятий

3.4.1. Семинарские / практические занятия

1. Основные понятия о наноматериалах. Классификация по размерам.
2. Методы получения наноразмерных частиц. Основные достоинства и недостатки.
3. Основные процессы в криохимической нанотехнологии.
4. Механические методы получения наноразмерных частиц.
5. Приготовление и диспергирование растворов в криохимической нанотехнологии.
6. Физические методы получения наноразмерных частиц.
7. Особенности процессов кристаллизации растворов в криохимической нанотехнологии.
8. Получение наноматериалов в ходе химических реакций.
9. Основные сведения о процессе сублимационной сушки в криохимической нанотехнологии
10. Электрохимические методы получения наноматериалов.
11. Криоэкстракция и криоосаждение в криохимической нанотехнологии
12. Измельчение криопродуктов. Конструкции измельчающих устройств
13. Процесс десублимации в криохимической нанотехнологии
14. Смешивание порошковых материалов. Основные конструкции смесителей.
15. Особенности процесса компактирования наноразмерных порошковых материалов. Статическое силовое воздействие.
16. Особенности спекания пористых наноразмерных материалов.
17. Синтез наноматериалов ударно-волновым методом.
18. Методы измерений, применяемые в нанометрологии.
19. Промышленные высокоэнергетические методы синтеза наноматериалов. Установки взрывного синтеза. Лазерные методы.
20. Основные методы исследования наноматериалов: спектральная микроскопия. Виды. Особенности исследования
21. Основные технологические схемы процессов сублимации и десублимации при получении наноматериалов
22. Основные методы исследования наноматериалов: сканирующие микроскопы. Виды. Особенности исследования
23. Методы исследования при аттестации наноматериалов
24. Основные методы исследования наноматериалов: электронная микроскопия. Виды. Особенности исследования

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Федеральный закон 184-ФЗ "О техническом регулировании"

4.2 Основная литература

1. Генералов М.Б. Криохимическая нанотехнология: учебное пособие /М.Б. Генералов – М.: ИКЦ «Академия», 2006.
2. Генералов М.Б. Основы технологии нанодисперсных материалов: учебное пособие /М.Б. Генералов. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2011.

4.3 Дополнительная литература

1. Генералов М.Б. Основные процессы криохимической нанотехнологии (Теория и методы расчета): учебное пособие. /М.Б. Генералов – СПб.: ЦОП «Профессия», 2010.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии /А.И. Гусев – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005
3. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учебное пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Левина, Э.Л. Дзидзигури. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. www.gost.ru,
2. www.on-norm.at,
3. https://urait.ru/

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. www.gost.ru
2. Консультант Плюс URL: https://www.consultant.ru/
2. Информационная сеть «Техэксперт» URL: https://cntd.ru/
3. https://urait.ru/

5. Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где предусмотрена демонстрация фильмов, слайдов или использование раздаточных материалов.

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 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, 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.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «Криохимическая нанотехнология» необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

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 раскрывать 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 самостоятельных 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 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.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям и выполнение практических работ.
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала
- написание и защита реферата по предложенной теме

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.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

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 и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Основы проектирования технологических процессов и производств»

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Самостоятельная работа	Представить одну самостоятельную работу по выбранной тематике с оценкой преподавателя «зачтено».

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1. Шкала оценивания самостоятельной работы

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все требования к написанию и защите самостоятельной работы: обозначена проблема, сделан краткий анализ различных точек зрения, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению.
Не зачтено	Имеются существенные отступления от требований к работе. Тема не раскрыта.

7.2.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	Не зачтено	зачтено
знать: технологию выполнения проектно-инженерных расчетов при проектировании производств энергонасыщенных материалов и изделий, основы автоматического контроля; математические основы теории управления и обработки технологических параметров	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: технологию выполнения проектно-инженерных расчетов при проектировании производств энергонасыщенных материалов и изделий, основы автоматического контроля; математические основы теории управления и	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: технологию выполнения проектно-инженерных расчетов при проектировании производств энергонасыщенных материалов и изделий, основы автоматического контроля; математические основы теории управления и обработки технологических параметров

	обработки технологических параметров	
уметь разрабатывать мероприятия по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, ~~по~~ предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; оценивать информационную производительность систем управления; работать с современными программными пакетами сбора, обработки, представления и хранения информации.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять мероприятия по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, ~~по~~ предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; оценивать информационную производительность систем управления; работать с современными программными пакетами сбора, обработки, представления и хранения информации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: мероприятия по обеспечению требуемого качества продукции, контролю над их выполнением, ~~по~~ предупреждению и устранению случаев нарушения технологического регламента; оценивать информационную производительность систем управления; работать с современными программными пакетами сбора, обработки, представления и хранения информации.
владеть: методами управления автоматизированными технологическими процессами производства энергонасыщенных материалов и изделий; специальной терминологией и нормативной базой в области проектирования систем автоматизации; основными навыками работы с проектной документацией систем автоматизации химико-технологических производств.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет вопросами управления автоматизированными технологическими процессами производства энергонасыщенных материалов и изделий; специальной терминологией и нормативной базой в области проектирования систем автоматизации; основными навыками работы с проектной документацией систем автоматизации химико-	Обучающийся в полном объеме владеет вопросами управления автоматизированными технологическими процессами производства энергонасыщенных материалов и изделий; специальной терминологией и нормативной базой в области проектирования систем автоматизации; основными навыками работы с проектной документацией систем автоматизации химико-технологических производств.

	технологических производств.	

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

7.3.1.1. Темы реферативных работы по дисциплине «Криохимическая нанотехнология»:

1. Методы исследования при аттестации наноматериалов.
2. Определение дисперсности наноматериалов.
3. Методы определения элементного состава дисперсных сред.
4. Методы анализа фазового состава.
5. Методы исследования поверхности наноматериалов.
6. Наноматериалы и охрана окружающей среды.
7. Использование наноматериалов для защиты окружающей среды.
8. Экология в производстве и применении наноматериалов.

7.3.2. Промежуточная аттестация

7.3.2.1. Вопросы к экзамену «Криохимическая нанотехнология»:

1. Основные понятия о наноматериалах. Классификация по размерам.
2. Методы получения наноразмерных частиц. Основные достоинства и недостатки.
3. Основные процессы в криохимической нанотехнологии.
4. Механические методы получения наноразмерных частиц.
5. Приготовление и диспергирование растворов в криохимической нанотехнологии.
6. Физические методы получения наноразмерных частиц.
7. Особенности процессов кристаллизации растворов в криохимической нанотехнологии.
8. Получение наноматериалов в ходе химических реакций.
9. Основные сведения о процессе сублимационной сушки в криохимической нанотехнологии
10. Электрохимические методы получения наноматериалов.
11. Криоэкстракция и криоосаждение в криохимической нанотехнологии
12. Измельчение криопродуктов. Конструкции измельчающих устройств
13. Процесс десублимации в криохимической нанотехнологии
14. Смешивание порошковых материалов. Основные конструкции смесителей.
15. Особенности процесса компактирования наноразмерных порошковых материалов. Статическое силовое воздействие.
16. Особенности спекания пористых наноразмерных материалов.
17. Синтез наноматериалов ударно-волновым методом.
18. Методы измерений, применяемые в нанометрологии.
19. Промышленные высокоэнергетические методы синтеза наноматериалов. Установки взрывного синтеза. Лазерные методы.
20. Основные методы исследования наноматериалов: спектральная микроскопия. Виды. Особенности исследования

21. Основные технологические схемы процессов сублимации и десублимации при получении наноматериалов
22. Основные методы исследования наноматериалов: сканирующие микроскопы. Виды. Особенности исследования
23. Методы исследования при аттестации наноматериалов
24. Основные методы исследования наноматериалов: электронная микроскопия. Виды. Особенности исследования