

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 16.06.2026 11:08:39 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b87272727	Рабочая программа дисциплины "Физико-химические основы нанотехнологии" по направлению подготовки (специальности) 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов" направленности (профилю) Физико-химия процессов и материалов ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Физико-химические основы нанотехнологии

Направление подготовки (специальность)

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль)

Физико-химия процессов и материалов

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

заочная

Год(ы) набора 2026

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2026 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса состоит в изучении студентами физических и химических особенностей нанодисперсных частиц, физико-химии поверхности, процессов формирования наноструктур и наноматериалов, методов получения и исследования наносистем.

Конкретные задачи курса сводятся к следующему:

1. Рассмотрение особенностей физических взаимодействий на наномасштабах;
2. Рассмотрение термодинамики поверхностных явлений в нанодисперсных системах;
3. Рассмотрение процессов формирования наночастиц в газовой и жидкой фазах и наносистем путем молекулярно-лучевой и газофазной эпитаксии;
4. Рассмотрение методов исследования наносистем;
5. Рассмотрение методов создания наноструктур с помощью СЗМ и нанолитографии;
6. Рассмотрение методов получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач.

УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач.

ПК-1.1: Знает основные требования к достижению технического уровня изделий из наноструктурированных композиционных материалов с учетом опыта ведущих организаций

ПК-1.2: Умеет: анализировать имеющиеся литературные данные по взаимосвязи дисперсного состава и свойств наноструктурированных материалов; обеспечивать соблюдение требований стандартов, технических условий и нормативной документации на всех стадиях проектирования изделий из наноструктурированных композиционных материалов

ПК-1.3: Владеет навыками формирования технических заданий на приобретение сырья и вспомогательных материалов для производства наноструктурированных композиционных материалов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.ДВ.03.02

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Математический анализ

Введение в специальность

Физика

Неорганическая и органическая химия

Сопротивление материалов

Алгебра и геометрия

Физическая химия

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Коррозия и защита металлов

Физика прочности и механические свойства материалов

Физические свойства твердых тел

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Спецсеминар по направлению

Процессы получения и обработки материалов

Производственная практика (научно-исследовательская работа)

Производственная практика (преддипломная практика)

Перспективные материалы и технологии



3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-1: Способен анализировать опыт ведущих организаций, организовывать проведение НИР по проектированию и разработке наноструктурированных композиционных материалов и внедрять результаты исследований в новые технологии

Знать:

Для достижения ПК-1.1: особенности физико-химических процессов протекающих в нанодисперсных системах; процессы формирования наночастиц и наносистем; методы решения задач;

Уметь:

Для достижения ПК-1.2: решать задачи, разрабатывать макеты наноизделий и их модули; производить расчеты технических характеристик макетов;

Владеть:

Для достижения ПК-1.3: методами проектирования нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические и другие)

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Знать:

Для достижения УК-1.1: основы физики дисперсных системы

Уметь:

Для достижения УК-1.2: осуществлять подготовку данных для составления обзоров и отчетов в области наноматериалов

Владеть:

Для достижения УК-1.2: навыками критического анализа, систематизации и обобщения информации для решения поставленных задач в профессиональной области

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	особенности физико-химических процессов протекающих в нанодисперсных системах; процессы формирования наночастиц и наносистем; методы решения задач;
3.2	Уметь:
3.2.1	решать задачи, разрабатывать макеты наноизделий и их модули; производить расчеты технических характеристик макетов;
3.3	Владеть:
3.3.1	методами проектирования нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические и другие)

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 144	Виды контроля на курсах: экзамены 3
в том числе :	
аудиторные занятия : 6	
самостоятельная работа : 125,2	
часов на контроль : 9	
контактная работа: 9,8	
ИКР: 3,8	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
-------------	---	----------------	-------	------------



Раздел 1. История возникновения и основные принципы нанотехнологий				
1.1	Что такое «нано»? Понятие о нанотехнологии. Классификация нанообъектов. Основные принципы (типы) нанотехнологий: предельная миниатюризация, распределенная структура, принцип построения системы «снизу-вверх» и «сверху- вниз», самоорганизация. Квантовые точки. Междисциплинарность нанотехнологий. Перспективы широкомасштабного применения нанотехнологий /Ср/	3	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 2. Физические и химические особенности нанодисперсных частиц				
2.1	Особенности физических взаимодействий на наномасштабах. Наноразмерные системы. Размерный эффект. Основные характеристики частиц в наноразмерном состоянии. Свойства наночастицы, обусловленные атомной и электронной подсистемами. Комплекс физических и химических свойств, возникающих при переходе от микро- к наноразмерам: большая удельная поверхность, увеличение химического потенциала, высокая адсорбционная активность, высокая проникающая способность и др. /Лек/	3	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
2.2	Наноразмерные системы. Размерный эффект. Основные характеристики частиц в наноразмерном состоянии. Свойства наночастицы, обусловленные атомной и электронной подсистемами. /Ср/	3	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
2.3	Комплекс физических и химических свойств, возникающих при переходе от микро- к наноразмерам: большая удельная поверхность, увеличение химического потенциала, высокая адсорбционная активность и др. /Ср/	3	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 3. Физико-химия поверхности				
3.1	Термодинамическая теория поверхности. Понятие поверхности разрыва. Давление Лапласа. Влияние поверхностных эффектов на температуру плавления. Испарение. Термодинамика поверхностных явлений в малых кристаллах. /Лек/	3	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
3.2	Давление Лапласа. Влияние поверхностных эффектов на температуру плавления. Термодинамика поверхностных явлений в малых кристаллах. /Пр/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
3.3	Термодинамическая теория поверхности. Понятие поверхности разрыва. Испарение. Термодинамика поверхностных явлений в малых кристаллах. /Ср/	3	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 4. Методы получения упорядоченных наноструктур				
4.1	Эпитаксия. Механизмы гетерогенного образования зародышей и эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). Самоорганизация при эпитаксиальном росте. МЛЭ и реализация идей сверхрешетки для устройств нанoeлектроники. Возможности методов МЛЭ и ГФЭ МОС в нанoeлектронике. Создание упорядоченных квантовых наноструктур. Концепция "сверху-вниз". Получение квантовых точек самосборкой атомов (концепция "снизу-вверх"). Сборка наноструктур под влиянием механического напряжения. Автоматическая сборка наноструктур. Управляемая ДНК сборка наноструктур. /Лек/	3	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
4.2	Эпитаксия. Механизмы гетерогенного образования зародышей и эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). Создание упорядоченных квантовых наноструктур. Получение квантовых точек самосборкой атомов (концепция "снизу-вверх"). /Ср/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 5. Методы исследования наносистем.				



5.1	Дифракция рентгеновских лучей. Электронная микроскопия (ПЭМ, СЭМ). Зондовая микроскопия: сканирующий туннельный микроскоп (СТМ); атомно-силовой микроскоп (АСМ); другие сканирующие микроскопы. Оже-спектроскопия. Методы оптической спектроскопии. Технологическое оборудование для исследования поверхности твердых тел и создания наноструктур. /Ср/	3	5	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 6. Методы создания наноструктур с помощью СЗМ				
6.1	Физические эффекты, используемые в туннельно-зондовой нанотехнологии. Методы зондовой нанотехнологии. Методы записи информации. Методы записи, основанные на изменении геометрического рельефа поверхности. Прямая модификация рельефа поверхности (механический метод). Электронно-стимулированное осаждение или травление. Массоперенос с помощью острия. Термополевой способ записи. Атомная сборка. Квантовый "загон". Методы записи, основанные на изменении магнитной структуры поверхности. Наностекла - новая запоминающая среда. Электрохимический массоперенос. /Ср/	3	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 7. Физика наноустройств				
7.1	Устройства оптоэлектроники и наноэлектроники. Туннельный диод. Одноэлектроника. Светодиоды и лазеры на двойных гетероструктурах. Фотоприемники на квантовых ямах. Фотодиоды на системе квантовых ям. Устройства и приборы нанофотоники. Волоконная оптика. Оптические переключатели и фильтры. Магнитные наноустройства для записи и хранения информации. Наносенсоры. /Ср/	3	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
7.2	Туннельный диод. Одноэлектроника. Светодиоды и лазеры на двойных гетероструктурах. Фотодиоды на системе квантовых ям. Волоконная оптика. Магнитные наноустройства для записи и хранения информации. Наносенсоры. /Ср/	3	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 8. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы.				
8.1	Углеродные наноструктуры. Фуллерены -новые перспективные материалы широкого применения в наноэлектронике. Методы получения и разделения фуллеренов. Применение фуллеренов. Углеродные нанотрубки. Методы получения нанотрубок. Электрические свойства. Механические свойства. Применение углеродных нанотрубок. Ленгмюровские молекулярные пленки. Некоторые свойства ленгмюровских пленок. Наночастицы биологического происхождения. Наноматериалы и наночастицы техногенного происхождения и их классификация – наночастицы металлов и оксидов металлов, дендримеры, наноглины и др. /Ср/	3	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
8.2	Углеродные наноструктуры. Методы получения и разделения фуллеренов. Углеродные нанотрубки. Электрические и механические свойства. Методы получения нанотрубок. Наночастицы биологического происхождения. Наноматериалы и наночастицы техногенного происхождения. /Лек/	3	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 9. Искусственное наноморфообразование				
9.1	Напряженные полупроводниковые гетероструктуры и приготовление из них нанотрубок. Метод изготовления нанотрубок сворачиванием полупроводниковых гетерослоев. Формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей. Периодические квантовые твердотельные наноструктуры, сверхрешетки из квантовых точек. Свойства микро- и нанооболочек. Репликация наноструктур "формированием" полимеров. /Ср/	3	20	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
9.2	Свойства микро- и нанооболочек. Репликация наноструктур "формированием" полимеров. /Ср/	3	10,2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э3 Э4



Раздел 10. Области применения наночастиц				
10.1	Пищевая, фармацевтическая, химическая, нефтяная промышленность; экология; энергетика; сельское хозяйство; электроника; машиностроение, космические технологии и др. Выгоды и риски нанотехнологий /Ср/	3	14	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4
Раздел 11. Иная контактная работа				
11.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	3	3,8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Контрольные задания, тестирование

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Примеры контрольных заданий

1. Определите удельную поверхность следующих частиц: а) куб с длиной ребра 1 мкм (10⁻⁶ м), б) шар с диаметром 1 мкм, в) цилиндр с высотой и диаметром основания по 1 мкм.
2. Гидрозоля содержит сферические частицы, причем 30% массы приходится на частицы, имеющие радиус 20 нм, а масса остальных – на частицы радиуса 100 нм. Какова удельная поверхность частицы дисперсной фазы?
3. Определите радиус частиц золя иодида серебра, используя следующие данные: коэффициент диффузии равен 1,2•10⁻¹⁰ м²/с, вязкость среды – 1•10⁻³ Па•с, температура – 298 К.
4. При исследовании гидрозоля золота методом поточной ультрамикроскопии в объеме $W = 1,6 \cdot 10^{-11}$ м³ подсчитано 70 частиц. Определите средний радиус частиц золя, считая их форму сферической. Весовая концентрация золя $C = 7 \cdot 10^{-21}$ кг/м³, плотность $\rho = 19,3 \cdot 10^3$ кг/м³.
5. Определите диаметр частиц аэрозоля, используя результат исследования методом поточной ультрамикроскопии: в объеме 2,2•10⁻² мм³ подсчитано 87 частиц аэрозоля (дыма мартеновских печей). Концентрация аэрозоля 1•10⁻⁴ кг/м³, плотность дисперсной фазы 2 г/см³, форма частиц сферическая.
6. Оцените размеры зародышей критического размера кластеров воды и ртути и определите, какие из них образуются с большей термодинамической вероятностью при температуре 200С и давлении 5000 Па. Поверхностное натяжение воды и ртути при заданной температуре равно 72,5 мДж/м² и 470,9 мДж/м² соответственно; плотность воды и ртути 0,998 г/см³ и 13,546 г/см³ соответственно; давление насыщенных паров воды и ртути 2336,8 Па и 162,66•10⁻³ Па соответственно.
7. Рассчитайте работы образования зародышей критического размера в расплавах никеля и меди при охлаждении их от температур плавления до температуры 8000С. Температура плавления меди 10830С, никеля – 14550С. Удельная теплота плавления меди 2688 кал/моль, никеля – 4200 кал/моль; плотность расплава меди 8030 кг/м³, никеля – 7800 кг/м³, поверхностное натяжение расплавов меди 11,2 Н/м, никеля – 1,7 Н/м.
8. Сравните объемы зародышей жидкой фазы критического размера этанола при их гомогенном образовании в газовой фазе и гетерогенном на поверхности полиэтилена при температуре 200С и давлении 4000 Па. Поверхностное натяжение спирта при заданной температуре равно 22 мДж/м²; плотность – 0,789 г/см³; давление насыщенного пара – 5333 Па; краевой угол смачивания составляет 950.
9. Оцените критические размеры зародышей твердой фазы КСl и СаСl₂ при их образовании из пересыщенных водных растворов с концентрацией 90 вес. %, если концентрации их насыщенных растворов равны 73,5 вес. % и 54,5 вес. %. Поверхностная энергия твердых кристаллов КСl и СаСl₂ равна 110 и 450 мН/м, а их плотность – 1,98 и 2,51 г/см³ соответственно.
10. Сравните скорости образования зародышей критического размера КСl и СаСl₂ при их образовании из пересыщенных водных растворов с концентрацией 90 вес. % (величины поверхностной энергии и плотности твердых кристаллов указаны в предыдущей задаче).
11. Известно, что при температуре воздуха в нижнем слое атмосферы Земли, равной 300С, влажный воздух охлаждается в среднем на 0,440С при подъеме на каждые 100 м высоты. Пользуясь зависимостями поверхностного натяжения воды и ее плотности от температуры, рассчитайте величины работ образования зародышей жидкой фазы критического размера и критические радиусы зародышей на высотах 1 км, 3 км 8 км при степени пересыщения, равной двум. Зависимостями указанных физических величин от атмосферного давления пренебречь.



6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Типовые контрольные вопросы по дисциплине физико-химические основы нанотехнологий для подготовки к тестированию

1. Понятие о нанотехнологии. Классификация нанообъектов.
2. Квантовые точки. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах.
3. Размерный эффект. Основные характеристики частиц в наноразмерном состоянии.
4. Свойства наночастицы, обусловленные атомной и электронной подсистемами.
5. Термодинамическая теория поверхности. Понятие поверхности разрыва.
6. Давление Лапласа.
7. Влияние поверхностных эффектов на температуру плавления.
8. Термодинамика поверхностных явлений в малых кристаллах.
9. Образование зародышей новой фазы. Критический размер зародыша.
10. Флуктуации. Скорость зарождения.
11. Зарождение кристаллов в жидкой фазе.
12. Гетерогенное зарождение.
13. Активные центры на подложке. Формула Юнга.
14. Образование наночастиц в коллоидном растворе, механическое диспергирование крупных частиц.
15. Примеры химического синтеза наночастиц.
16. Поверхностно активные вещества (ПАВ).
17. Самособранные монослои и мультислои.
18. Упорядоченные решетки наночастиц в коллоидных суспензиях.
19. Самоорганизованные коллоидные структуры.
20. Коалесценция. Принцип Кюри.
21. Теория Лифшица-Слезова. Самосогласованное диффузионное поле.
22. Механизмы и лимитирующие стадии массопереноса.
23. Спекание. Спекание с участием жидкой фазы.
24. Механизмы припекания твердых тел контактирующих в точке.
25. Тонкие пленки. Островковые металлические пленки.
26. Получение гибридных полимер-неорганических нанокомпозитов.
27. Получение гибридных нанокомпозитов золь-гель-методом.
28. Металлополимерные пленки Ленгмюра-Блоджетт.
29. Электропроводящие свойства гибридных нанокомпозитов.
30. Оптические и полупроводниковые свойства гибридных нанокомпозитов.
31. Наноструктурированные материалы.
32. Влияние наноструктурирования объемного материала на магнитные свойства.
33. Наноструктурированные многослойные материалы.
34. Эпитаксия.
35. Механизмы гетерогенного образования зародышей и эпитаксии.
36. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ).
37. МЛЭ и реализация идей сверхрешетки для устройств наноэлектроники.
38. Возможности методов МЛЭ и ГФЭ МОС в наноэлектронике.
39. Создание упорядоченных квантовых наноструктур.
40. Концепция "сверху-вниз".
41. Получение квантовых точек самосборкой атомов ("снизу-вверх").
42. Сборка наноструктур под влиянием механического напряжения.
43. Управляемая ДНК сборка наноструктур.
44. Дифракция рентгеновских лучей.
45. Электронная микроскопия (ПЭМ, СЭМ).
46. Зондовая микроскопия: сканирующий туннельный микроскоп (СТМ); атомно-силовой микроскоп (АСМ); другие сканирующие микроскопы.
47. Методы оптической спектроскопии.
48. Хроматографические методы.
49. Туннельно-зондовые нанотехнологии.
50. Методы зондовой нанотехнологии.
51. Методы записи информации. Методы записи, основанные на изменении геометрического рельефа поверхности.
52. Методы записи, основанные на изменении магнитной структуры поверхности.



53. Прямая модификация рельефа поверхности (механический метод).
54. Термополевой способ записи.
55. Электронно-стимулированное осаждение или травление.
56. Массоперенос с помощью острья.
57. Атомная сборка.
58. Квантовый "загон".
59. Наностекла - новая запоминающая среда.
60. Рентгеновская литография. Электронная литография.
61. Ионная литография. Возможности пучковых методов литографии.
62. Зондовые методы нанолитографии (СЗМ-литография). Силовая СЗМ-литография. Токовая СЗМ-литография.
63. Прямое нанесение рисунка с помощью СТМ (автоэмиссионный метод).
64. Совместное использование лазера и СТМ в нанолитографии.
65. Ленгмюровские пленки - перспективный резистивный материал для нанолитографии.
66. Термомеханическая нанолитография. Перьевая нанолитография.
67. Устройства оптоэлектроники и наноэлектроники.
68. Туннельный диод.
69. Одноэлектроника.
70. Светодиоды и лазеры на двойных гетероструктурах.
71. Фотоприемники на квантовых ямах. Фотодиоды.
72. Устройства и приборы нанофотоники.
73. Волоконная оптика.
74. Оптические переключатели и фильтры.
75. Магнитные наноустройства для записи и хранения информации.
76. Наносенсоры.
77. Углеродные наноструктуры.
78. Методы получения и разделения фуллеренов. Применение фуллеренов.
79. Углеродные нанотрубки. Методы получения нанотрубок.
80. Ленгмюровские молекулярные пленки.
81. Перенос монослоев на твердые тела. Нарращивание мультислоев.
82. Наночастицы биологического происхождения.
83. Наноматериалы и наночастицы техногенного происхождения – наночастицы металлов и оксидов металлов, наноглины и др.
84. Напряженные полупроводниковые гетероструктуры и приготовление из них нанотрубок.
85. Метод изготовления нанотрубок сворачиванием полупроводниковых гетерослоев.
86. Формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей.
87. Области применения наночастиц. Выгоды и риски нанотехнологий.

6.4. Критерии оценивания

При подведении итогов учитываются результаты текущей успеваемости и итогового тестирования. Оценка итогового тестирования (Набранная сумма баллов (% выполненных заданий) (максимум - 100)):

- менее 60 % - неудовлетворительно (2);
- 60-75 % - удовлетворительно (3);
- 76-95 % - хорошо (4);
- 96-100 % - отлично (5).

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Брайдсон Р., Гиббс М. Р. Д., Грелл М., Хэммонд К., Джонс Р., Келсалл Р., Хамли А., Геогеган М., Калашников А. Д.	Научные основы нанотехнологий и новые приборы: учебник -монография	Долгопрудный: Интеллект, 2011	



	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
ЛП.2	Илюшин В. А.	Наноматериалы: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574749)	Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019	ЭБС
ЛП.3	Елисеев А. А., Лукашин А. В.	Функциональные наноматериалы: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68876)	Москва : Физматлит, 2010	ЭБС
ЛП.4	Хинич И. И., Кононов А. А., Колобов А. В.	Введение в нанотехнологии: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=709531)	Санкт- Петербург : Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена (РГПУ), 2023	ЭБС
ЛП.5	Смирнов В. И.	Физические основы нанотехнологий и наноматериалы: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=727529)	Москва, Вологда : Инфра- Инженерия, 2023	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Пул Ч., Оуэнс Ф. , Головин Ю. И., Лучинин В. В.	Нанотехнологии: учебное пособие для вузов	Москва : Техносфера, 2006	
Л2.2	Гусев А. И.	Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии	Москва : Физматлит, 2007	
Л2.3	Гусев А. И.	Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: монография (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859)	Москва : Физматлит, 2009	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. URL: http://e.lanbook.com/
Э2	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. URL: https://urait.ru
Э3	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. URL: http://biblioclub.ru/
Э4	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader
WinDjView
LMS Moodle
Adobe Connect Acrobat
Ubuntu Linux
LibreOffice
OpenOffice
ПО Kaspersky

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Физико-химические основы нанотехнологии" по направлению подготовки (специальности) 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов" направленности (профилю) Физико-химия процессов и материалов ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 11

2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.

3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для подготовки и проведения занятий по дисциплине используются следующие объекты и элементы объектов материально-технической базы университета:

- аудитории для проведения лекционных и практических занятий ЧелГУ с имеющимися средствами технического обеспечения занятий;

- учебная библиотека и научный читальный зал ЧелГУ с их средствами и технологиями информационного обеспечения;

Аудитория для проведения вебинаров - ул. Молодогвардейцев, 57а, каб. (110). Оборудование: Персональный компьютер, Веб-камера, Колонки

Лингафонный кабинет - Ул. Бр. Кашириных, 129, к.428. Оборудование: Специально оборудованный мультимедийный класс

Учебная аудитория для самостоятельной работы - Ул. Бр. Кашириных, 129, к.206

Тифлотехническая аудитория - ул. Бр. Кашириных, 129, ауд. А-28, Оборудование: Тифлотехнические средства: брайлевский компьютер с дисплеем и принтером, тифлокомплекс «Читающая машина», телевизионное увеличивающее устройство, тифломагнитолы кассетные (3 шт.) и цифровые диктофоны (6 шт.). Специальное программное обеспечение: программа речевой навигации JAWS, речевые синтезаторы («говорящая мышь»), экранные лупы.

Сурдотехническая аудитория- ул. Бр. Кашириных, 129, ауд. А-27. Оборудование: Радиокласс «Сонет-Р» (на 6 человек), программируемые слуховые аппараты (6 шт.) индивидуального пользования с устройством задания режима работы на компьютере, аудиотехника.

Аудитория адаптивных информационных технологий - ул. Бр. Кашириных, 129, ауд. А-27. Оборудование: Компьютерный класс на 12 мест, интерактивная доска ActiveBoard с системой голосования, акустический усилитель и колонки, мультимедийный проектор, телевизор, видеомагнитофон, устройство видеоконференцсвязи VCONHD3000.

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с применением следующего специального оборудования:

а) для лиц с нарушением слуха (акустический усилитель и колонки, мультимедийный проектор);

б) для лиц с нарушением зрения (мультимедийный проектор (использование презентаций с укрупненным текстом);

в) для лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата (персональные мобильные компьютеры – нетбуки).

В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусмотрено соответствующее количество мест для обучающихся с учетом ограничений их здоровья.

В учебные аудитории обеспечен беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Приступая к изучению дисциплины студент должен ясно представлять, что результат обучения зависит не только от работы преподавателей, но и о того, насколько добросовестно он сам подойдет к этому процессу. Необходимо сразу точно понять критерии оценки всех видов учебной работы, критерии получения экзаменационной оценки.



Формирование умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных и практических занятиях, при выполнении контрольных и курсовых работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начиная изучать дисциплину необходимо познакомиться с рабочей программой, списком основной и дополнительной литературы, электронных ресурсов. В результате должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и компетенций, которыми надо будет овладеть по дисциплине.

Самостоятельная работа обучающегося, включает работу с учебными и учебно-методическими материалами (on-line, off-line), выполнение индивидуальных заданий (off-line), контрольных и курсовых работ (off-line).

При изучении дисциплины следует внимательно познакомиться с вопросами, рекомендуемыми для подготовки к экзамену/зачету. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной дисциплине. Необходимо изучить материал лекций и сопоставить его с трактовыми, предлагаемыми в источниках списка рекомендованной (основной и дополнительной) литературы. Следует учитывать тот факт, что время, отводимое на лекционный курс, не позволяет охватить весь учебный курс дисциплины. Поэтому в процессе освоения дисциплины для лучшего усвоения материала необходимо регулярно обращаться к литературным источникам, предлагаемым в библиографическом списке, пользоваться через компьютерную сеть университета и при самостоятельной подготовке в домашних условиях образовательными ресурсами, представленными в разделе 1.5., а также общедоступными Интернет-порталами, содержащими большое количество как научно-популярных, так и специализированных статей, посвященных различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следует учитывать следующие советы:

- при первом знакомстве с материалом просмотреть изучаемый текст, представить себе его общее содержание, логику изложения;
 - вдумчивое чтение текста надо осуществлять медленно, уясняя прочитанное, выделяя основные идеи.
- Прочитав материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;
- при изучении сложного материала необходимо составить тезисы, рабочие записи;
 - если в тексте встречаются непонятные термины, необходимо воспользоваться словарем и выяснить значение термина, иначе дальнейшее понимание материала будет осложнено;
 - необходимо критически осмысливать прочитанное и изученное, ответить на вопросы, предложенные после каждой темы.

Обучающиеся могут получать консультации преподавателей с использованием средств телекоммуникации:

- очные индивидуальные;
- дистанционные индивидуальные (on-line, off-line);
- дистанционные групповые (on-line, off-line).

Контроль знаний обучающихся осуществляется в форме тестирования. При подготовке к тестированию следует повторить пройденный теоретический материал, выполнить соответствующие задания для самостоятельной работы и тесты для самоконтроля. Контрольные тесты проводятся в определенное время и предусматривают одну попытку.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы.

Индивидуальные консультации по предмету является важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.



Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

