

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(государственный университет)»



«УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
и экономическому развитию

Д.А. Зубцов

**по дисциплине:** Рабочая программа дисциплины (модуля)  
Физико-химические свойства наноматериалов  
**по направлению:** Прикладные математика и физика (бакалавриат)  
**профиль подготовки:** Химическая физика и свойства наноструктур  
Факультет молекулярной и химической физики  
кафедра физики и химии наноструктур  
**курс:** 4  
**квалификация:** бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7(Осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 15 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

практические и семинарские занятия: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 21 час.

Всего часов: 36, всего зач. ед.: 1

**Программу составил:** В.М. Прохоров, канд. физ.-мат. наук, доцент

**Программа обсуждена на заседании кафедры**

10 июля 2015 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

В.Д. Бланк

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

В.М. Некипелов

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

Целью курса является изучение на базе физико-химических основ систематики наноматериалов, синтеза, структуры и свойств нанокластеров, наночастиц, наносистем и консолидированных наноматериалов.

### Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области физического материаловедения;
- приобретение теоретических знаний в области исследования физико-химических свойств наноматериалов и области их применения в виде наноразмерных и наноструктурированных материалов;
- изучение студентами способов получения нанокластеров, наноструктур и наноматериалов,;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области изучения физико-химических свойств наноматериалов.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Курс "Физико-химические свойства наноматериалов" является дисциплиной, формирующей у обучающегося профессиональные навыки и компетенции.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

- знать фундаментальные законы молекулярной физики, термодинамики и оптики
- знать фундаментальные понятия и законы общей, неорганической и органической химии
- владеть номенклатурой органических и неорганических веществ
- владеть порядком численных величин, характерных для различных разделов физики

Данная дисциплина относится к вариативной части

Дисциплина «Физико-химические свойства наноматериалов» базируется на дисциплинах:

- Общая и неорганическая химия;
- Физические методы исследований;
- Физические методы исследований: лабораторный практикум;
- Введение в математический анализ;
- Вычислительная математика;
- Дифференциальные уравнения;
- Линейная алгебра;
- Основы химической физики;
- Теория вероятностей;
- Теория функций комплексного переменного;
- Уравнения математической физики;
- Общая физика: лабораторный практикум;
- Общая физика: термодинамика и молекулярная физика;
- Общая физика: оптика;
- Аналитическая геометрия;
- Основы химической физики: лабораторный практикум;
- Кратные интегралы и теория поля;
- Общая физика: механика;
- Общая физика: электричество и магнетизм;
- Многомерный анализ, интегралы и ряды;
- Гармонический анализ;

Дисциплина «Физико-химические свойства наноматериалов» предшествует изучению дисциплин:  
Научно-исследовательская работа.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

#### В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории в области физических свойств конденсированных сред;
- численные порядки величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- основные методы описания систем слабовзаимодействующих частиц и свойств конденсированных сред;

##### уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;

##### владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками решения типовых задач и задач повышенной трудности теоретического и экспериментального плана с использованием методов вычислительной математики и информатики;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами;
- основными методами описания систем слабовзаимодействующих частиц и свойств конденсированных сред;

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа

1	Введение в материаловедение. Классификация материалов.	1			1
2	Классификация наноматериалов	2			4
3	Кластеры. Модели кластеров. Углеродные кластеры.	2			2
4	Методы исследования наноматериалов	2			2
5	Основные методы синтеза наноматериалов	2			4
6	Практические применения наноматериалов	2			2
7	Принципы получения наноматериалов	1			2
8	Систематика и типы наноматериалов.	1			2
9	Физико – химические свойства наноматериалов	2			2
Итого часов		15			21
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		36 час., 1 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

##### 1. Введение в материаловедение. Классификация материалов.

Материаловедение – наука о материалах.

Материалы: прошлое и настоящее. Тенденции развития современного материаловедения. Важнейшие проблемы науки о материалах.

Конструкционные и функциональные материалы.

Различные принципы классификации (функциональных/конструкционных) материалов.

Типы материалов (по составу, структуре, типам, свойствам и областям применения, многофункциональные материалы).

Физико-химические принципы конструирования новых материалов.

Наноматериалы в классификации материалов. Общая характеристика наноструктур (структуры наноматериалов).

Размер частиц меньше  $R_{критич}$  (по разным источникам  $R_{критич} = 10 \div 1000$  нм)

Свойства наночастиц, отличны от свойств объемной фазы. Размер должен быть соизмерим (или меньше) с корреляционным радиусом того или иного физического явления (например, с длиной свободного пробега электронов, фононов, длиной когерентности в сверхпроводнике, размерами магнитного домена или зародыша твердой фазы и др.)

- По рекомендации IUPAC  $R_{критич} = 100$  нм.

Материал может считаться «нано», если размер его структурных элементов составляет 1-100 нанометров и материал обладает новыми или улучшенными размерозависимыми свойствами, которые появляются в результате целенаправленного технологического воздействия.

##### 2. Классификация наноматериалов

Нульмерные нано материалы.

Одно- и двумерные нано материалы.

Объемные наноструктурированные материалы и композиты.

Материалы для микроэлектромеханических систем (MEMS).

Нанотрубки и нанонити. Углеродные нанотрубки и нанонити (волокна). Нанотрубки на основе сульфида молибдена. Нанонити на основе металлов и сплавов. Методы их получения и механизмы роста.

Тонкие пленки. Самособирающиеся монослои, нанолитография на монослоях, наноматериалы для мембран, темплатный синтез наноструктурированных пленок на основе диоксида кремния, электрохимические подходы к получения нанокристаллических покрытий, распад слоистых структур на отдельные слои в неводных растворителях в присутствии ПАВ, сборка многослойных структур.

Нанокристаллы. Стадии роста зерен кристаллов, возможности контроля роста на разных стадиях, способы контролируемого получения нанокристаллов, границы зерен в нанокристаллах, получение монокристаллических материалов в нанокристаллическом состоянии, фазовые переходы в нанокристаллическом состоянии, деформационные и пластические свойства наноматериалов.

Углеродные наноматериалы, нанотрубки, углеродные волокна.

Многообразие форм углерода. Фуллерены, нанотрубки, соединения внедрения в графит.

Углеродные нанотрубки, строение, методы получения и разделения. Механизмы роста нанотрубок. Одностенные и многостенные нанотрубки. Механические свойства углеродных нанотрубок. Электрофизические свойства углеродных нанотрубок.

Нанонити, состоящие из двух и более нанотрубок. Способы соединения нанонитей в более сложные структуры. Фуллерены. Соединения внедрения в графит (графлекс – гибкий материал на основе дисперсного графита),

Алмаз (фазовая диаграмма), алмазные пленки, Наноалмазы.

Тонкие пленки.

Механизмы осаждения и роста. Эпитаксия и технология БИС, фотолитография. Зависимость эпитаксиальных свойств от эпитаксиальных напряжений, эпитаксиальная стабилизация.

PVD, CVD, Metalorganic (MO) CVD, Ion Beam Assisted Deposition (IBAD), ISD, Rolling Assisted Biaxially Textured Substrates ( RABiTS), жидкофазная эпитаксия, золь-гель, spincoating, технология Лэнгмюра-Блоджет, Significance Analysis of Microarrays (SAM), графоэпитаксия и графотекстурирование, рост в условиях геометрических ограничений роста, анизотропное смачивание поверхности.

Нанокompозитные материалы.

Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии. Способы защиты наночастиц от агрегации и внешних воздействий. Нанокompозиты полимер-неорганическая наночастица. Наночастицы в неорганических матрицах.

Керамика с микровключениями и сплавы с наноразмерными зернами.

Ультрадисперсные металлы с необычными функциями.

Мезопористые структуры, слоистые двойные гидроксиды (СДГ), аэрозоли, аэрогели.

. Биологические наноматериалы.

Примеры биологических наноструктур, встречающихся в живых организмах. Кость как биологический нанокompозит. Молекулярные моторы. Подходы к получению искусственных наноструктур на основе биомолекул. Неорганические наноматериалы и биосовместимость. Использование неорганических наноматериалов для диагностики, лечения и доставка лекарственных препаратов.

Оксидные НМ. Наночастицы в оболочке.

3. Кластеры. Модели кластеров. Углеродные кластеры.

Кластеры. Эволюция от молекул к материалам. Кластерные серии. условия стабилизации необычных степеней окисления, устойчивость и реакционная способность при изменении кратности связи, электрон-

дефицитные соединения с многцентровой связью металл-металл.  
Конденсация кластерных фрагментов с образованием цепей, сеток.  
Модели кластеров. (Микроскопическая, термодинамическая, квантово-статистическая, фрактальная, оболочечная, структурная).  
Молекулярные кластеры металлов.  
Кластеры оксидов металлов.  
Кластеры щелочных металлов.  
Кластеры алюминия.  
Кластеры ртути.  
Кластеры переходных металлов.  
Кластеры инертных газов.  
Кластеры малых молекул.  
Углеродные кластеры.  
Фуллерены, малые углеродные кластеры. Фуллериты. Углеродные нанотрубки.  
Кластерные реакции.  
Консолидированные нанокластерные структуры.  
Тонкие пленки. Механические и тепловые свойства.

#### 4. Методы исследования наноматериалов

Диагностика наноматериалов.  
Исследование размерных характеристик.  
Определение элементного состава.  
Определение фазового состава.  
Исследования поверхности.  
Методы металлографии.  
Рентгеноструктурный анализ наносистем.  
Рентгеновская дифракция в кристаллах, порошках и наноструктурах. Рассеяние в аморфных и частично-упорядоченных телах. Малоугловая РД. РС поглощения: EXAFS, XANES, NEXAF. Применение синхротронного излучения.  
Электронная сканирующая и просвечивающая микроскопия .  
Микроскопия атомного разрешения, требования к образцам, прецизионные измерения.  
Дифракция медленных электронов. Дифракция отраженных быстрых электронов. Полевой электронный микроскоп. Полевой ионный микроскоп. Гелий-ионный микроскоп.  
Методы элементного анализа твердых тел. Электронная спектроскопия. Резерфордское обратное рассеяние (POP). Электронная Оже-спектроскопия (ОЭС). Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФСЭ). Масс-спектроскопии вторичных ионов (МСВИ).  
Оптическая спектроскопия систем пониженной размерности.  
Аппаратура и особенности приготовления образцов.  
Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия.  
СТМ, СТС, МСМ, АСМ, ближнепольная зондовая микроскопия.  
Радиоспектроскопия наносистем (ЯМР, ЭПР).  
Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия.  
Адсорбционная и эмиссионная МС. Рэлеевское рассеяние мессбауэровского излучения.  
Временная МС резонансного рассеяния вперед. Неупругое ядерное резонансное рассеяние.

#### 5. Основные методы синтеза наноматериалов

Основные методы синтеза наноматериалов – 1.  
Получение кластеров, кластерные серии (сборка).  
Пиролиз / сажа (фуллерены), механо-, электро-, криодиспергирование и пр. (разборка).  
Методы химической гомогенизации (молекулярное смешение).

Микрореплики, литография, самосборка.

Полимеризация / каркас.

Золь-гель (трехмерные структуры).

Нанореакторы (нанотрубки, мезопористые матрицы (1D), слоистые двойные гидроксиды, глины (2D), цеолиты (3D), темплаты).

Основные методы синтеза наноматериалов – 2.

Механические и физико-химические процессы диспергирования и смешения порошков.

Методы механического диспергирования.

Механическое измельчение, интенсивная пластическая деформация, механическое воздействие (ударно-волновое, детонация, ультразвук, вибро).

Методы физического диспергирования.

Методы химического диспергирования.

Химические и электрохимические методы формирования наночастиц (Коллоидные квантовые точки, золь-гель технология, электрохимическое травление кристаллов).

Методы биологического диспергирования (разложения/выделения).

Основные методы синтеза наноматериалов – 3.

Способы консолидации наноразмерных порошков (второй передел).

Прессование: Статическое (одноосное и двухосное, изостатическое / гидростатическое, газостатическое, в оболочках). Динамическое (ударно-волновое, магнито-импульсное, гидродинамическое, детонационное, вибрационное, ультразвуковое). Горячее прессование.

Прокатка. Экструзия.

Основные методы синтеза наноматериалов – 4.

Механизмы и стадии спекания. Перколяция. Структура керамики. Описание, энергетические вклады поверхности, объема и прочее.

## 6. Практические применения наноматериалов

Важнейшие области применения наноматериалов (ч.1).

Наносенсоры. Нано-батареи и топливные ячейки. Дисперсионное упрочнение/прочные материалы. Магнитная томография (магнитные наночастицы - зонды), маркеры, мини-роботы, носители лекарств. Магнитные жидкости. Нано- и молекулярная электроника. Фотоника. Устройства на квантовых точках – лазеры, светодиоды. Преобразование солнечной энергии (TiO<sub>2</sub>), Электронные механические системы (MEMS).

Нейронные сети. Наномедицина. Устройства для хранения информации. Каталитические системы.

Молекулярные сита / клатраты, Аэрогели.

Важнейшие области применения наноматериалов (ч.2).

Биологические наноматериалы. Примеры биологических наноструктур, встречающихся в живых организмах. Кость как биологический нанокомпозит.

Молекулярные моторы. Подходы к получению искусственных наноструктур на основе биомолекул. Комплементарность и самосборка. ДНК как темплат для получения искусственных наноструктур. Неорганические наноматериалы и биосовместимость. Использование неорганических наноматериалов для диагностики, лечения и доставка лекарственных препаратов. Биотехнологии и наномедицина.

Производство наноматериалов. Нанотехнологии.

Рынок наноматериалов. “Нано” бизнес. Инновационные технологии, венчурные фонды.

Индустрия наносистем и материалов. Федеральные целевые программы. ГК «Роснано».

## 7. Принципы получения наноматериалов

Физико-химические процессы получения наночастиц.

Получение наноматериала по принципу «снизу-вверх».

Термодинамика зародышеобразования. Энергия Гиббса. Удельная поверхность. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Формирование зародыша в твердой матрице.

Получение наноматериала по принципу «сверху-вниз».

Диспергирование.

Работа и энергия, затрачиваемые на формирование наноструктур.

Наноструктуры, нанокompозиты и нанореакторы.

Традиционные и современные технологии получения ультрадисперсных материалов (методы химической гомогенизации, неравновесные методы, методы, основанные на синергетике химического и физического воздействия).

Самосборка и самоорганизация.

Самосборка – процесс образования упорядоченной надмолекулярной структуры или среды, в котором в практически неизменном виде принимают участие только компоненты (элементы) исходной структуры, аддитивно составляющие или «собирающие», как части целого, результирующую сложную структуру.

Самоорганизация может быть использована как механизм создания сложных «шаблонов», процессов и структур на более высоком иерархическом уровне организации, чем тот, что наблюдался в исходной системе, за счет многочисленных и многовариантных взаимодействий компонент на низких уровнях, на которых существуют свои, локальные, законы взаимодействия, отличные от коллективных законов поведения самой упорядочивающейся системы. Для процессов самоорганизации характерны различные по масштабу энергий взаимодействия, а также существование ограничений степеней свободы системы на нескольких различных уровнях ее организации.

## 8. Систематика и типы наноматериалов.

Уровни структуры. Иерархическая структура материалов.

Наноструктуры, нанокompозиты и нанореакторы. Пористые неорганические мембраны и мембранные реакторы.

Вклад поверхности.

Шкала размеров.

Типы кластеров. Распространенность кластеров. Гигантские кластеры.

Супрамолекулярные материалы. Молекулярные сита и мембраны.

Сборка наносистем (bottom-up)

Атомизированный пар → Молекулы → Ассоциаты → Кластеры → Супрамолекулярные образования, клатраты.

Агрегаты → Наночастицы → Нанокompозиты → Твердое тело.

(Разупорядочение, дефекты)

Типы наноматериалов

Ультрадисперсные материалы и наноструктуры.

Стеклообразные и аморфные материалы. Керамика, синтетические кристаллы. Пленки.

Полупроводники. Диэлектрики. Магнитные и оптические материалы. Твердые электролиты.

Высокотемпературные сверхпроводники.

Биоматериалы, жидкие кристаллы. Конструкционные, функциональные, сверхтвердые композиционные материалы и пр.

## 9. Физико – химические свойства наноматериалов

Размерные особенности свойств наноматериалов.

Особенности термодинамики наноматериалов. Особенности структуры наноматериалов.

Особенности тепловых свойств наноматериалов. Особенности механических свойств наноматериалов. Особенности химических свойств наноматериалов.

Поверхность, границы, морфология наноматериалов.

Поверхность монокристаллов и нанокластеров.



Примесные атомы на поверхности.  
Поверхность металлов и их окислов (электронные и магнитные свойства).  
Поверхностные центры кислотного и основного типа.  
Адсорбция на поверхности.  
Катализ на поверхности.  
Термодинамика поверхности.  
Химический потенциал, свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца.  
Термодинамика поверхности и границ раздела. Термодинамика криволинейной поверхности.  
Структура поверхности и межфазных границ.  
Зарождение и рост нанокластеров. Твердотельная нуклеация и рост кластеров.  
Электрические свойства наноматериалов.  
Ферромагнитные свойства наноматериалов.  
Оптические свойства наноматериалов.  
Механические свойства наноматериалов.  
Тепловые свойства наноматериалов.  
Диффузия в наноматериалах.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, персональные компьютеры и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система)

## **6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### Основная литература

1. Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. Наноструктурные материалы. М.: ИЦ «Академия», 2005.
2. Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. Наноматериалы. М.: БИНОМ, лаборатория знаний, 2008.
3. И.П. Суздалев. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КД «ЛИБРОКОМ», 2008.
4. Г.И. Миронова. Конденсированное состояние вещества. От структурных единиц до живой материи. М.: Физический факультет МГУ, 2006, т.1,2.
5. В.В. Старостин. материалы и методы нанотехнологий. М.: БИНОМ, лаборатория знаний, 2008 г.

### Дополнительная литература

1. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2009.
2. А.А.Чернов, и др. Современная кристаллография. М.: Наука, 1980, т.1-3.
3. Ю.Д.Третьяков, Х.Лепис. Химия и технология твердофазных материалов. М.: МГУ, 1985.1. В.И.Фистуль. Физика и химия твердого тела, т.1,2. М.: Metallurgia, 1995.
4. И.Д.Морохов и др. Ультрадисперсные металлические среды. М.: Атомиздат, 1977.
5. А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. Функциональные наноматериалы. Под ред. академика Ю.Д.Третьякова.М.: Физматлит, 2010.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<http://perst.isssph.kiae.ru/>  
(Перст – Перспективные Технологии)

<http://www.rebco-effort.net/>

(EFFORT)

<http://www.materialstoday.com/home.htm>

(Materials Today!)

<http://elibrary.ru/defaultx.asp>, <http://lib.hsms.msu.ru/>

(Электронная библиотека РФФИ и ФНМ МГУ)

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Необходимое программное обеспечение: текстовый редактор (EditPlus, Notepad), программные пакеты Quantum ESPR ESSO, GULP, GAUSSIAM, Matlab. Программные пакеты для визуализации и обработки данных: Chemcraft, ChemOffice, Diamond

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

## **10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения**

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**по направлению:** Прикладные математика и физика (бакалавриат)  
**профиль подготовки:** Химическая физика и свойства наноструктур  
Факультет молекулярной и химической физики  
кафедра физики и химии наноструктур  
**курс:** 4  
**квалификация:** бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7(Осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** В.М. Прохоров, канд. физ.-мат. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физико-химические свойства наноматериалов» обучающийся должен:

### знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории в области физических свойств конденсированных сред;
- численные порядки величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- основные методы описания систем слабозаимодействующих частиц и свойств конденсированных сред;

### уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;

### владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками решения типовых задач и задач повышенной трудности теоретического и экспериментального плана с использованием методов вычислительной математики и информатики;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами;
- основными методами описания систем слабозаимодействующих частиц и свойств конденсированных сред;

## 3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

- 1) Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 7-ом семестре  
Контрольные вопросы для зачета с оценкой
  1. Получение наноматериала по принципу «снизу-вверх».
  2. Получение наноматериала по принципу «сверху-вниз».
  3. Традиционные и современные технологии получения ультрадисперсных материалов
  4. Самосборка и самоорганизация

5. Основные методы синтеза наноматериалов (получение кластеров, кластерные серии (сборка), пиролиз / сажа (фуллерены), механо-, электро-, криодиспергирование и пр. (раз-борка), методы химической гомогенизации (молекулярное смешение), микрореплики, литография, самосборка, полимеризация / каркас, золь-гель (трехмерные структуры)).
6. Механические и физико-химические процессы диспергирования и смешения порошков.
7. Методы механического диспергирования. Механическое измельчение, интенсивная пла-стическая деформация, механическое воздействие (ударно-волновое, детонация, ультра-звук, вибро).
8. Методы физического диспергирования. Методы химического диспергирования.
9. Химические и электрохимические методы формирования наночастиц
10. Методы биологического диспергирования (разложения/выделения).
11. Основные методы синтеза наноматериалов
12. Рентгеноструктурный анализ наносистем.
13. Методы элементного анализа твердых тел. Электронная спектроскопия.
14. Оптическая спектроскопия систем пониженной размерности (аппаратура и особенности приготовления образцов).
15. Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия (СТМ, СТС, МСМ, АСМ, ближне-польная зондовая микроскопия).
16. Радиоспектроскопия наносистем (ЯМР, ЭПР).
17. Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия.

#### 4. Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.