

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 05.09.2025 12:15:36  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a8788b8522525



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине  
Физико-химические основы нанотехнологии**

Направление подготовки (специальность)  
**22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**

Направленность (профиль)  
**Физико-химия процессов и материалов**

Присваиваемая квалификация  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Челябинск 2025 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 2

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
  - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
  - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль): Физико-химия процессов и материалов

Дисциплина: Физико-химические основы нанотехнологии

Семестр: 6

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках зачета; рамках 5-балльной системы

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции и согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	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.	Знать: Для достижения УК-1.1: основы физики дисперсных системы 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)
ПК-1	Способен анализировать опыт ведущих	ПК-1.1: Знает основные требования к достижению технического уровня	Знать: Для достижения ПК-1.1: особенности физико-



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

организаций, организовывать проведение НИР по проектированию и разработке наноструктурированных композиционных материалов и внедрять результаты исследований в новые технологии	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	химических процессов протекающих в нанодисперсных системах; процессы формирования наночастиц и наносистем; методы решения задач; Уметь: Для достижения ПК-1.2: решать задачи, разрабатывать макеты nanoизделий и их модули; производить расчеты технических характеристик макетов; Владеть: Для достижения ПК-1.3: методами проектирования nanoобъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические и другие)
---	--	---

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1.	Для достижения УК-1.1 знать: основы физики дисперсных системы	Раздел 1. История возникновения и основные принципы	задачи к практическим занятиям	Раздел 1. №1-3



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

<p>Для достижения ПК-1.2 уметь: решать задачи, разрабатывать макеты наноизделий и их модули; производить расчеты технических характеристик макетов;</p> <p>Для достижения ПК-1.3 владеть: методами проектирования нанобъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические и другие)</p> <p>Для достижения ПК-1.1 знать: особенности физико-химических процессов протекающих в нанодисперсных системах; процессы формирования наночастиц и наносистем; методы решения задач;</p> <p>Для достижения ПК-1.2 уметь: решать задачи, разрабатывать макеты наноизделий и их модули; производить расчеты технических характеристик макетов;</p> <p>Для достижения ПК-1.3 владеть: методами проектирования нанобъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические и другие)</p>	нанотехнологий.		
	Раздел 2. Физические и химические особенности нанодисперсных частиц.	задачи к практическим занятиям	Раздел 2. №1-5
	Раздел 3. Физико-химия поверхности.	задачи к практическим занятиям	Раздел 3. №1-4
	Раздел 4. Гетерогенные процессы формирования наноструктур.	задачи к практическим занятиям	Раздел 4. №1-5
	Раздел 5. Гетерогенные процессы формирования наноматериалов.	задачи к практическим занятиям; зачет	Раздел 5. №1-5
	Раздел 6. Методы получения упорядоченных наноструктур.	задачи к практическим занятиям	Раздел 6. №1-2
	Раздел 7. Методы исследования наносистем.	задачи к практическим занятиям	Раздел 7. №1-3
	Раздел 8. Методы создания наноструктур с помощью СЗМ.	задачи к практическим занятиям	Раздел 8. №1-3
	Раздел 9. Пучковые и другие методы нанолитографии.	задачи к практическим занятиям	Раздел 9. №1-3
	Раздел 10. Физика наноустройств.	задачи к практическим занятиям	Раздел 10. №1-1
	Раздел 11. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы.	задачи к практическим занятиям	Раздел 11. №1-7
	Раздел 12. Искусственное наноморфообразование.	задачи к практическим занятиям	Раздел 12. №1-5
	Раздел 13. Области применения	задачи к практическим занятиям	Раздел 13. №1-3



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 6

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	наночастиц.	занятиям	
	Экзамен	экзамен	Вопросы к экзамену: №1-87

## 3.2 Содержание оценочных средств

### Задачи к практическим занятиям

#### Раздел 1. История возникновения и основные принципы нанотехнологий.

1. Определите формулу наночастицы золота  $Au_n$ , которая в 344 раза тяжелее атома серы.
2. Сколько наночастиц  $Au_{55}$  теоретически можно получить из 1.0 нг хлорида золота  $AuCl_3$ ?
3. Рассчитайте число атомов золота в 6 нмоль золота, число атомов кислорода в 10 нмоль кремнезема  $SiO_2$ .

#### Раздел 2. Физические и химические особенности нанодисперсных частиц.

1. Чему равна максимально возможная масса углеродных нанотрубок, которые можно получить из 1.00 г графита?
2. При каком минимальном  $n$  размер частицы  $Au_n$  может попасть в нанодиапазон? Радиус атома золота - 136 пм. (пико =  $10^{12}$ ).

#### Раздел 3. Физико-химия поверхности.

1. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала - 20 нм, а второго - 100 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз?
2. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала - 200 нм, а второго - 40 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз?
3. Порошок диоксида титана имеет удельную поверхность  $110 \text{ м}^2/\text{г}$ . Считая, что порошок состоит из сферических частиц одного и того же размера, рассчитайте их радиус. Сколько атомов титана и кислорода входят в состав одной наночастицы? Плотность  $TiO_2$  равна  $3.6 \text{ г}/\text{см}^3$ .
4. Удельная поверхность открытых одностенных углеродных нанотрубок равна  $1000 \text{ м}^2/\text{г}$ , а плотность составляет  $1.3 \text{ г}/\text{см}^3$ . Считая, что у всего материала отношение объема к поверхности - такое же, как и у одной трубки, оцените диаметр нанотрубки.

#### Раздел 4. Гетерогенные процессы формирования наноструктур.

1. При каком минимальном  $n$  размер частицы  $Au_n$  может попасть в нанодиапазон? Радиус атома золота - 136 пм. (пико =  $10^{12}$ ).
2. Наночастицы золота известны своими каталитическими свойствами. Сколько наночастиц состава  $Au_8$  можно получить из 2.5 см металла? Плотность золота составляет  $19.3 \text{ г}/\text{см}^3$ .
3. Наночастица, содержащая 55 атомов золота, имеет диаметр 1.4 нм. Оцените радиус атома золота, считая, что атомы в наночастице занимают 70% ее объема.
4. При каком минимальном  $n$  размер частицы  $Fe_n$  может попасть в нанодиапазон? Радиус атома железа - 132 пм. (пико =  $10^{12}$ ).



Версия документа - 1	стр. 7	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

5. а) Оцените число атомов в наночастице золота диаметром 3 нм. Радиус атома Au составляет 0.144 нм. Выберите один из вариантов ответа:

- (а)  $10^2$ ;
- (б)  $10^3$ ;
- (в)  $10^4$ ;
- (г)  $10^5$ .

б) Оцените, какая доля (в %) атомов золота находится на поверхности наночастицы золота. Выберите один из вариантов ответа:

- (а) 20-30%;
- (б) 40-50%;
- (в) 60-70%;
- (г) 80-90%.

#### Раздел 5. Гетерогенные процессы формирования наноматериалов.

1. Сколько атомов углерода входит в состав наноалмаза диаметром 5.0 нм? Какой процент от общего объема алмаза занимают атомы углерода? Необходимая информация: ковалентный радиус атома углерода составляет 0.077 нм (половина длины связи C-C). Плотность алмаза 3.52 г/см<sup>3</sup>.

2. Найдите расстояние между центрами соседних молекул фуллерена в его низкотемпературной модификации (плотность 1.7г/см<sup>3</sup>), которая имеет примитивную кубическую решетку, где молекулы находятся только в вершинах кубической элементарной ячейки.

3. 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.

4. Гидрозо́ль 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?

5. Наночастицы серебра, в отличие от обычного серебра, способны растворяться в уксусной кислоте с выделением водорода. Напишите уравнение этой реакции.

#### Зачет.

##### Пример варианта контрольной работы на зачете (разделы 1-5)

1. Порошок диоксида титана имеет удельную поверхность 110 м<sup>2</sup>/г. Считая, что порошок состоит из сферических частиц одного и того же размера, рассчитайте их радиус. Сколько атомов титана и кислорода входят в состав одной наночастицы? Плотность TiO<sub>2</sub> равна 3.6 г/см<sup>3</sup>.

2. При каком минимальном *n* размер частицы Fe<sub>n</sub> может попасть в нанодиапазон? Радиус атома железа - 132 пм. (пико = 10<sup>-12</sup>).

3. Гидрозо́ль 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?

#### Раздел 6. Методы получения упорядоченных наноструктур.

1. Магнитную жидкость на основе магнетита можно получать, продувая кислород через раствор хлорида железа(II) с добавленным в него аммиаком. Запишите уравнение реакции.

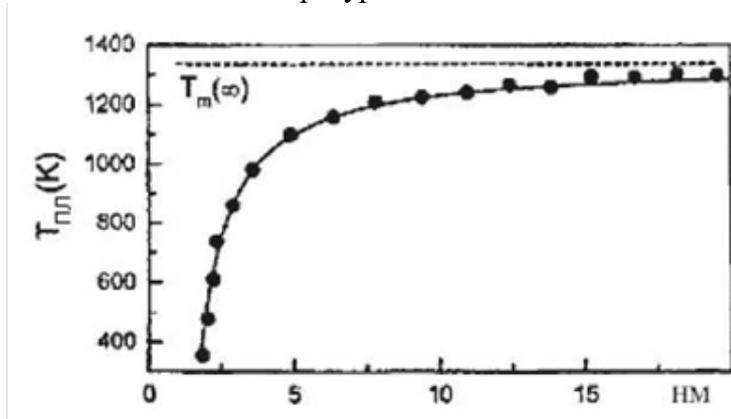


Рассчитайте массу оксида железа(II, III), которую можно получить из 254 г 10%-ного раствора хлорида железа(II).

2. Общий метод получения наночастиц простых веществ состоит в испарении элемента с последующим резким охлаждением при попадании паров в вакуумированную камеру. При испарении элементов X и Y, атомные массы которых различаются в 4.65 раза, образуются нанокластеры, имеющие размер 0.7-3 нм. Элемент X образует достаточно широкий набор кластеров разного размера. Для Y основной вклад вносят две частицы, массы которых соотносятся как 1.1667:1. Кластеры X моментально сгорают при контакте с кислородом воздуха, в то время как слиток элемента X вполне устойчив на воздухе. Напротив, поведение элемента Y по отношению к кислороду в целом не зависит от размера его частиц: они устойчивы при комнатной температуре, но окисляются при нагревании. Определите элементы X и Y и состав наночастиц Y.

### Раздел 7. Методы исследования наносистем.

1. Зависимость температуры плавления наночастиц золота от размера частиц имеет вид:



Точками обозначены экспериментальные данные, гладкая кривая рассчитана по теоретическому уравнению. Какое это уравнение? ( $T_{пл}(\infty)$  – температура плавления объемной фазы,  $C$  – положительная константа,  $C \neq 1$ ).

а)  $T_{пл}(r) = T_{пл}(\infty)(1 - C/r)$ ;

б)  $T_{пл}(r) = T_{пл}(\infty)(1 + C/r)$ ;

в)  $T_{пл}(r) = T_{пл}(\infty)(1 + C \cdot r)$ ;

г)  $T_{пл}(r) = T_{пл}(\infty)(C - e^{-r})$ .

2. Оцените толщину пленки наноалмаза, полученной методом химического осаждения из метана на поверхности субстрата размером 10x10 см в камере объемом 3 л при температуре 1000 К, если исходное давление метана составляло 18 мм рт. ст. Плотность алмаза равна 3.52 г/см<sup>3</sup>.

3. Считая, что активность гетерогенного катализатора пропорциональна его поверхности, определите, во сколько раз надо уменьшить размер частиц катализатора, чтобы сократить его количество в 4 раза, но сохранить активность. Частицы считайте сферическими.

### Раздел 8. Методы создания наноструктур с помощью СЗМ.

1. При исследовании гидрозоль золота методом поточной ультрамикроскопии в объеме  $W=1,6 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$  подсчитано 70 частиц. Определите средний радиус частиц золя, считая их форму сферической. Весовая концентрация золя  $C=7 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ , плотность  $\rho=19,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 9	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

2. Определите диаметр частиц аэрозоля, используя результат исследования методом поточной ультрамикроскопии: в объеме  $2,2 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^3$  подсчитано 87 частиц аэрозоля (дыма мартеновских печей). Концентрация аэрозоля  $1 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$ , плотность дисперсной фазы  $2 \text{ г/см}^3$ , форма частиц сферическая.

3. Методом поточной ультрамикроскопии в объеме  $W=1,5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$  подсчитано 53 частицы аэрозоля масляного тумана. Считая форму частиц сферической, определите их средний радиус. Концентрация золя  $C=21 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ , плотность  $\rho=0,92 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

### Раздел 9. Пучковые и другие методы нанолитографии.

1. С помощью метода поточной ультрамикроскопии в объеме  $W=2 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$  подсчитано 80 частиц аэрозоля (дыма мартеновских печей). Концентрация аэрозоля  $c=10 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$ , плотность  $\rho=2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Определите среднюю длину ребра частицы 1, считая ее форму кубической.

2. При ультрамикроскопическом исследовании гидрозоля серебра в кювете площадью  $5,4 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$  и длиной  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$  подсчитано 2 частицы. Рассчитайте среднюю длину ребра частиц, принимая их форму кубической. Концентрация золя  $20 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ , плотность серебра  $10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

3. С помощью метода поточной ультрамикроскопии в прошедшем объеме  $W=2 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3$  подсчитано 100 частиц золя серы. Концентрация золя  $6,5 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$ , плотность  $1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Рассчитайте средний радиус частиц, приняв их форму сферической.

### Раздел 10. Физика наностроительств.

1. Поток света с длиной волны  $\lambda = 528 \text{ нм}$ , проходя через эмульсию  $\text{CCl}_4$  в воде толщиной слоя  $l = 5 \text{ см}$ , ослабляется в результате светорассеяния в два раза. Рассчитайте радиус частиц дисперсной фазы, если ее объемное содержание  $C_v = 0,8 \%$ , показатель преломления  $\text{CCl}_4$   $n_1 = 1,460$ , воды  $n_0 = 1,333$ . Свет рассеивается в соответствии с уравнением Рэлея и ослабляется по закону Бугера-Ламберта-Бэра. Учтите, что расстояние от рассеиваемой системы до приемника излучения  $R = 1 \text{ м}$ , а угол между падающим и рассеянным излучением  $\theta = 90^\circ$ .

### Раздел 11. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы.

1. Двумерный наноматериал графан представляет собой полностью гидрированную графитовую плоскость. Определите брутто-формулу графана. Графан предлагается использовать для хранения водорода. Важнейшая характеристика метода хранения - это отношение массы «сохраняемого водорода» к массе «контейнера». Чем больше это отношение, тем лучше. Где выгоднее хранить водород в графани или в стальном баллоне весом 10 кг, объемом 20 л под давлением 100 бар при комнатной температуре?

2. Определите коэффициент диффузии красителя конго красного в водном растворе, если при градиенте концентрации  $0,5 \text{ кг/м}^4$  за 2 ч через  $25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  проходит  $4,9 \cdot 10^{-7} \text{ г}$  вещества.

3. Рассчитайте коэффициент диффузии коллоидного золота при  $20^\circ\text{C}$  в воде, если радиус его частиц равен  $10^{-9} \text{ м}$ , вязкость равна  $0,001 \text{ Нс/м}^2$ .

4. По данным Сведберга, коэффициент диффузии коллоидных частиц золота в воде при  $298 \text{ К}$  равен  $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сут}$ . Определите дисперсность частиц гидрозоля золота. Вязкость воды при  $298 \text{ К}$  равна  $8,94 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}$ .



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 10

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

5. Определите радиус частиц золя иодида серебра, используя следующие данные: коэффициент диффузии равен  $1,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ , вязкость среды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , температура  $298 \text{ К}$ .
6. Рассчитайте среднее квадратичное смещение аэрозольной частицы за 15с по следующим данным: радиус частицы  $10^{-8} \text{ м}$ , вязкость среды  $1,9 \cdot 10^{-7} \text{ Нс}/\text{м}^2$ , температура  $298 \text{ К}$ .
7. Определите коэффициент сопротивления при движении частицы кварца в воде, если коэффициент диффузии равен  $2,1 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ , температура равна  $25^\circ \text{С}$ .

## Раздел 12. Искусственное наноморфообразование.

1. Оцените размеры зародышей критического размера кластеров воды и ртути и определите, какие из них образуются с большей термодинамической вероятностью при температуре  $20^\circ \text{С}$  и давлении  $5000 \text{ Па}$ . Поверхностное натяжение воды и ртути при заданной температуре равно  $72,5 \text{ мДж}/\text{м}^2$  и  $470,9 \text{ мДж}/\text{м}^2$  соответственно; плотность воды и ртути  $0,998 \text{ г}/\text{см}^3$  и  $13,546 \text{ г}/\text{см}^3$  соответственно; давление насыщенных паров воды и ртути  $2336,8 \text{ Па}$  и  $162,66 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$  соответственно.
2. Сравните скорости образования зародышей воды и ртути при температуре  $20^\circ \text{С}$  и давлении  $5000 \text{ Па}$ . Поверхностное натяжение воды и ртути при заданной температуре равно  $72,5 \text{ мДж}/\text{м}^2$  и  $470,9 \text{ мДж}/\text{м}^2$  соответственно; плотность воды и ртути  $0,998 \text{ г}/\text{см}^3$  и  $13,546 \text{ г}/\text{см}^3$  соответственно; давление насыщенных паров воды и ртути  $2336,8 \text{ Па}$  и  $162,66 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$  соответственно.
3. Рассчитайте работы образования зародышей критического размера в расплавах никеля и меди при охлаждении их от температур плавления до температуры  $800^\circ \text{С}$ . Температура плавления меди  $1083^\circ \text{С}$ , никеля  $1455^\circ \text{С}$ . Удельная теплота плавления меди  $2688 \text{ кал}/\text{моль}$ , никеля  $4200 \text{ кал}/\text{моль}$ ; плотность расплава меди  $8030 \text{ кг}/\text{м}^3$ , никеля  $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$ , поверхностное натяжение расплавов меди  $11,2 \text{ Н}/\text{м}$ , никеля  $1,7 \text{ Н}/\text{м}$ .
4. Известно, что при температуре воздуха в нижнем слое атмосферы Земли, равной  $30^\circ \text{С}$ , влажный воздух охлаждается в среднем на  $0,44^\circ \text{С}$  при подъеме на каждые  $100 \text{ м}$  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  $1 \text{ км}$ ,  $3 \text{ км}$  и  $8 \text{ км}$  при степени пересыщения, равной двум. Зависимостями указанных физических величин от атмосферного давления пренебречь.
5. Сравните объемы зародышей жидкой фазы критического размера этанола при их гомогенном образовании в газовой фазе и гетерогенном на поверхности полиэтилена при температуре  $20^\circ \text{С}$  и давлении  $4000 \text{ Па}$ . Поверхностное натяжение спирта при заданной температуре равно  $22 \text{ мДж}/\text{м}^2$ ; плотность  $0,789 \text{ г}/\text{см}^3$ ; давление насыщенного пара  $5333 \text{ Па}$ ; краевой угол смачивания составляет  $95^\circ$ .

## Раздел 13. Области применения наночастиц.

1. Оцените критические размеры зародышей твердой фазы  $\text{KCl}$  и  $\text{CaCl}_2$  при их образовании из пересыщенных водных растворов с концентрацией  $90 \text{ вес.}\%$ , если концентрации их насыщенных растворов равны  $73,5 \text{ вес.}\%$  и  $54,5 \text{ вес.}\%$ . Поверхностная энергия твердых кристаллов  $\text{KCl}$  и  $\text{CaCl}_2$  равна  $110$  и  $450 \text{ мН}/\text{м}$ , а их плотность  $1,98$  и  $2,51 \text{ г}/\text{см}^3$  соответственно.
2. В каком случае работа образования зародышей жидкой фазы из паров воды при температуре  $20^\circ \text{С}$  больше: на поверхности тефлона или полипропилена,



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 11	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

если краевые углы смачивания соответственно равны  $115^\circ$  и  $92^\circ$ ?

3. Сравните скорости образования зародышей критического размера  $KCl$  и  $CaCl_2$  при их образовании из пересыщенных водных растворов с концентрацией 90вес.%. Поверхностная энергия твердых кристаллов  $KCl$  и  $CaCl_2$  равна 110 и 450 мН/м, а их плотность - 1,98 и 2,51 г/см<sup>3</sup> соответственно.

### Вопросы к экзамену

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).



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 12

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

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.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 13

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

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.

#### **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится при выполнении контрольных работ в форме ответов на контрольные вопросы и решения домашних задач.

Студент допускается к сдаче экзамена в конце семестра при выполнении домашних расчетно-практических работ. Экзаменационная оценка ставится на основании письменного и устного ответов по экзаменационному билету.

Оценка «Отлично» ставится в том случае если студент:

- обнаруживает верное понимание сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, законов и теорий, дает точное определение и истолкование основных понятий законов, теорий, а также правильное определение физических величин из единиц и способов измерения;
- правильно выполняет чертежи, схемы и графики сопутствующие ответу;
- может устанавливать связь между изучаемым и ранее изученным материалом по курсу дисциплины, а также с материалом, усвоенным при изучении других дисциплин.

Оценка «Хорошо» ставится, если ответ удовлетворяет основным требованиям на оценку «Отлично», но не использует план ответа, новые примеры, не применяет знания в новой ситуации, не использует связи с ранее изученным материалом и материалом, усвоенным другим дисциплинами.

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если большая часть ответа удовлетворяет требованиям ответу на оценку «Хорошо», но в ответе обнаруживаются отдельные пробелы, не препятствующие дальнейшему усвоению программного материала. Студент умеет применять полученные знания при решении простых задач с использованием готовых формул, но затрудняется при решении задач требующих преобразования формул.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится в том случае, если студент не овладел основными знаниями и умениями в соответствии с требованиями программы либо не может ответить ни на один из поставленных вопросов.

В письменных работах учитывается также, какая часть работы выполнена.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 14

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. **Высокий уровень сформированности компетенций** соответствует оценке **отлично**: предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. **Средний уровень** соответствует оценке **хорошо**: предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и владеть навыками решения базовых задач по физической химии;
3. **Базовый уровень** соответствует оценке **удовлетворительно**: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум» и недостаточно владеет методами решения базовых задач по физической химии;
4. **Низкий уровень** соответствует оценке **неудовлетворительно**: студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологии»; не владеет навыками решения базовых задач по физической химии.

