

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.06.2026 10:16:41
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a878808522525



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 «Технологические системы в нанотехнологии» по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации
по дисциплине
Технологические системы в нанотехнологии**

Направление подготовки (специальность)
28.03.02 Наноинженерия

Направленность (профиль)
Нанотехнологии в материаловедении

Присваиваемая квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора **2026**

Челябинск 2026 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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» 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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 3	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 28.03.02 Наноинженерия

Направленность (профиль): Нанотехнологии в материаловедении

Дисциплина: Технологические системы в нанотехнологии

Семестр: 6

Форма промежуточной аттестации: зачет

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках бинарной системы «зачтено/не зачтено».

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Технологические системы в нанотехнологии» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции 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
ОПК-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов	ОПК-2.1 - Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач. ОПК-2.2 - Рассчитывает длительность выполнения технологических операций с использованием нормативных справочников. ОПК-2.3 - Анализирует и оценивает затраты предприятия (проекта) с учетом инженерных рисков. ОПК-2.4 - Использует исторический подход, категории исторического познания для анализа процессов, фактов и явлений в прошлом и настоящем. ОПК-2.5 - Проводит экологическую оценку проектных решений и инженерных задач.	Знать: Для достижения ОПК-2.1, ОПК-2.2: основные понятия и разделы физики ультрадисперсных систем, методы экспериментального исследования материалов Уметь: Для достижения ОПК-2.3, ОПК-2.4: применять основные формулы и законы физики наноструктурированных материалов для исследовательских работ Владеть: Для достижения ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5: навыками решения конкретных инженерных и физических задач с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

ОПК-5	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные безопасные технические средства и технологии	ОПК-5.1- Определяет перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающее безопасное производство при изготовлении наноматериалов и изделий из них. ОПК-5.2 - Оценивает технологии изготовления наноматериалов и изделий из них с позиции безопасности и эффективности.	Знать: Для достижения ОПК-5.1: устройство и принципы работы оборудования, необходимого для получения нанодисперсных порошков, наноструктурированных твердых, жидких и гель-образных материалов, нанопокровов и гетероструктур Уметь: Для достижения ОПК-5.2: составлять схемы технологических процессов и оборудования, необходимого для синтеза наноструктурированных материалов Владеть: Для достижения ОПК-5.2: навыками использования традиционных и новых технологических процессов, оборудования и материалов по технологической подготовке производства
ОПК-7	Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии	ОПК-7.1- Использует нормативную и технологическую документацию для проектирования и сопровождения производства технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии	Знать: Для достижения ОПК-7.1: основные способы и средства получения, хранения и обработки информации; основные принципы описания экспериментальных данных; принципы проектирования технических объектов Уметь: Для достижения ОПК-7.1: описывать и анализировать экспериментальные результаты; работать с компьютерами и программными средствами обработки информации; проводить проектирование технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии Владеть: Для достижения ОПК-7.1: навыками проектирования технических объектов и



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

			составления обзоров и отчетов по конкретной научным исследованиям в области нанотехнологий
--	--	--	---



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 6

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

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	Знать: Для достижения ОПК-2.1, ОПК-2.2: основные понятия и разделы физики ультрадисперсных систем, методы экспериментального исследования материалов Уметь: Для достижения ОПК-2.3, ОПК-2.4: применять основные формулы и законы физики наноструктурированных материалов для исследовательских работ Владеть: Для достижения ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5: навыками решения конкретных инженерных и физических задач с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений Знать: Для достижения ОПК-5.1: устройство и принципы работы оборудования, необходимого для получения нанодисперсных порошков, наноструктурированных твердых, жидких и гелеобразных материалов,	Раздел 1. «Физико-химия получения наноструктурных материалов»	контрольная работа; практическое задание № 1	Тест (Раздел 1, № 1-5); вопросы к зачету № 1-9
		Раздел 2. «Диспергационные методы получения нанопорошков металлов и материалов на их основе»	контрольная работа; практическое задание № 1	Тест (Разделы 2-4, № 6, 7); вопросы к зачету № 10-13
		Раздел 3. «Конденсационные методы получения нанопорошков металлов и материалов на их основе»	контрольная работа; практическое задание № 1	Тест (Разделы 1 и 2, № 8, 9); вопросы к зачету № 14-20
		Раздел 4. «Методы формирования нановолокон и тонких пленок»	контрольная работа; практическое задание № 2	Тест (Разделы 1 и 2, № 9, 10); вопросы к зачету № 21-32



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 7

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

<p>нанопокровов и гетероструктур</p> <p>Уметь: Для достижения ОПК-5.2: составлять схемы технологических процессов и оборудования, необходимого для синтеза наноструктурированных материалов</p> <p>Владеть: Для достижения ОПК-5.2: навыками использования традиционных и новых технологических процессов, оборудования и материалов по технологической подготовке производства</p> <p>Знать: Для достижения ОПК-7.1: основные способы и средства получения, хранения и обработки информации; основные принципы описания экспериментальных данных; принципы проектирования технических объектов</p> <p>Уметь: Для достижения ОПК-7.1: описывать и анализировать экспериментальные результаты; работать с компьютерами и программными средствами обработки информации; проводить проектирование технических объектов, систем и процессов в области наноинженерии</p> <p>Владеть: Для достижения ОПК-7.1: навыками проектирования технических объектов и составления обзоров и отчетов по конкретной научным исследованиям в области нанотехнологий</p>	<p>Раздел 5. «Методы получения тонких слоев и многослойных структур»</p>	<p>контрольная работа; практическое задание № 2</p>	<p>Тест (Разделы 1 и 2, № 9-11); вопросы к зачету № 32-40</p>
	<p>Раздел 6. «Искусственное наноформование»</p>	<p>контрольная работа; практическое задание № 2</p>	<p>Тест (Разделы 1 и 2, № 12, 13); вопросы к зачету № 41-42</p>
	<p>Раздел 7. «Пучковые и другие методы нанолитографии»</p>	<p>контрольная работа; практическое задание № 3</p>	<p>Тест (Разделы 1 и 2, № 14, 15); вопросы к зачету № 43-46</p>
	<p>Раздел 8. «Получение гибридных полимер-неорганических нанокмполитов»</p>	<p>контрольная работа; практическое задание № 3</p>	<p>Тест (Разделы 1 и 2, № 16, 17); вопросы к зачету № 47-49</p>
	<p>Раздел 9. «Устройство и принципы работы интегральных схем наноэлектроники»</p>	<p>контрольная работа; практическое задание № 3</p>	<p>Тест (Разделы 1 и 2, № 18-20); вопросы к зачету № 50-59</p>



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

3.2 Содержание оценочных средств

База тестовых вопросов

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Раздел 1. «Физико-химия получения наноструктурных материалов»		
1	К наноструктурным материалам относятся ...	1. наночастицы 2. консолидированные наноматериалы 3. нанодисперсии 4. жирные кислоты
2	Укажите основную особенность наноструктур:	1. большая доля поверхностных атомов 2. большие геометрические размеры 3. пренебрежимо малая доля поверхностных атомов 4. слоевая структура
3	Что из перечисленного ниже не относится к наноструктурам?	1. кристаллический кремний 2. мицеллы 3. нанотрубки 4. фуллерены
4	Какие фундаментальные явления определяют поведение подвижных носителей заряда в наноразмерных структурах?	1. квантовое ограничение 2. баллистический транспорт 3. туннелирование 4. броуновское движение
5	Метод получения наночастиц «снизу-вверх» подразумевает ...	1. химического травления исходных материалов 2. выращивание наночастиц из отдельных атомов и молекул 3. облучение поверхности ионами металлов 4. измельчение макроскопических тел до получения частиц с нужными размерами и свойствами
Раздел 2. «Диспергационные методы получения нанопорошков металлов и материалов на их основе».		
Раздел 3. «Конденсационные методы получения нанопорошков металлов и материалов на их основе»		
Раздел 4. «Методы формирования нановолокон и тонких пленок»		
6	Какой из методов не относится к методам механического диспергирования?	1. механическое измельчение 2. интенсивная пластическая деформация 3. механическое воздействие различных сред 4. золь-гельный метод
7	Механохимические реакции – это ...	1. химические реакции взаимодействия кислоты и щелочи 2. механическое измельчение материала, вызванное изменением химического состава



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

		3. химические превращения, инициированные или ускоренные механическим воздействием 4. химические реакции, сопровождающиеся изменением агрегатного состояния вещества
8	Какой из методов не относится к методам испарения-конденсации?	1. плазменная технология 2. электродуговое расплавление 3. лазерный нагрев 4. газостатическое прессование
9	В конструкцию типичной установки для молекулярно-лучевой эпитаксии не входит ...	1. эффузионная ячейка 2. фотоэлектронный умножитель 3. рабочая камера со сверхвысоким вакуумом 4. подложка, на которой конденсируются атомы или молекулы
10	В какой части кристалла происходит создание квантовых проволок в процессе эпитаксиального роста?	1. на вицинальной поверхности 2. внутри кристалла 3. вблизи дислокаций 4. в нанопорах
Раздел 5. «Методы получения тонких слоев и многослойных структур» Раздел 6. «Искусственное наноморфообразование» Раздел 7. «Пучковые и другие методы нанолитографии»		
11	Укажите режимы роста нанопленок.	1. Франка-ван-дер-Мерве 2. Волмера-Вебера 3. Селякова-Шеррера 4. Странского-Крастанова 5. Менделеева-Клапейрона
12	В технологии получения пленок Лэнгмюра-Блоджетт используются ... вещества. Выберите пропущенное слово.	1. неорганические 2. амфифильные 3. нерастворимые 4. газообразные
13	К методу искусственного наноморфообразования относится ...	1. метод интенсивной пластической деформации 2. ближнепольная литография 3. метод изготовления нанотрубок самосворачиванием полупроводниковых гетерослоев 4. электровзрыв металлических проволок
14	Какая литография является наиболее подходящей основой для массового производства наноструктур?	1. электронно-лучевая 2. ионно-лучевая 3. рентгеновская 4. сканирующая зондовая
15	Какое новое направление в литографических процессах сочетает простоту, низкую стоимость, достаточно высокую	1. оптическая литография 2. электронно-лучевая литография 3. профилирование резистов сканирующими зондами



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 10	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

	производительность и нанометровое разрешение?	4. нанопечать
Раздел 8. «Получение гибридных полимер-неорганических нанокompозитов» Раздел 9. «Устройство и принципы работы интегральных схем наноэлектроники»		
16	Какую матрицу имеют полимер-неорганические нанокompозиты?	1. на основе органических полимеров 2. из углеродных нанотрубок 3. на основе цеолитов 4. из металлических наночастиц
17	В полимерных нанокompозитах входящие в их состав наночастицы оказывают ... воздействие на процессы формирования полимеров. Укажите пропущенное слово.	1. каталитическое 2. модифицирующее 3. слабое 4. дезинфицирующее
18	Какой технологический процесс используется для удаления засвеченной части фоторезиста при изготовлении интегральных схем?	1. химическое осаждение 2. лазерная абляция 3. химическое травление 4. облучение ионами металлов
19	Согласно закону Мура каждые два года происходит ... микропроцессоров за счет повышения плотности чипов и уменьшения их размеров. Выберите пропущенное словосочетание.	1. двукратное уменьшение размеров 2. трехкратное уменьшение стоимости 3. задержка развития архитектуры 4. удвоение вычислительных возможностей
20	Одноэлектронный транзистор не содержит ...	Одноэлектронный транзистор не содержит ... 1. диод 2. исток 3. сток 4. затвор

Задачи к практическим занятиям

Практическое задание № 1 «Детонационный синтез наноалмазов»

Цель работы: изучить методики детонационного синтеза наноалмазов и научиться измерять структурные параметры наноалмазов по электронно-микроскопическим изображениям.

Задачи:

- 1) выполнить анализ методик детонационного синтеза наноалмазов;
- 2) построить распределение наноалмазов по размерам при использовании электронно-микроскопических изображений продуктов синтеза.

Оборудование: текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.



Порядок выполнения работы:

1. Привести описание нескольких методик детонационного синтеза наноалмазов.
2. Рассчитать размеры наноалмазов на электронно-микроскопическом изображении следующим способом:

2.1. на фотографии (рисунок 1) отметить наноалмазы (кристаллиты) арабскими цифрами, начиная с единицы.

2.2. Рассчитать размер (L_i) каждого наноалмаза вдоль двух взаимно перпендикулярных направлений в относительных единицах. Далее L_i должны быть рассчитаны в соответствии с масштабом фотографии в нм.

3. Построить график распределения наноалмазов по размерам с шагом 1 нм (ось абсцисс – размер кристаллита $L_{алм}$ в нм; ось ординат – число кристаллитов N , принадлежащих определенному диапазону размеров).

4. Рассчитать средний размер наноалмазов по формуле $\bar{L}_{алм} = \sum_{i=1}^n L_i / n$, где n – полное число кристаллитов.

5. Обсудить полученные результаты (сопоставить полученное значение среднего размера кристаллитов алмаза со средним размером кристаллитов алмаза, полученных любым недетонационным способом).

6. Сделать выводы и написать отчет.

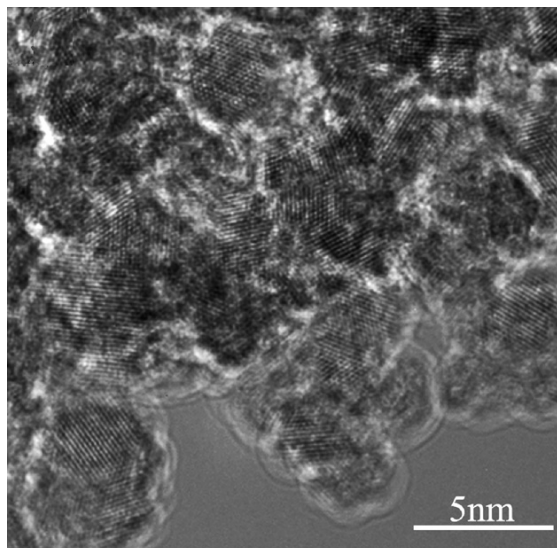


Рисунок 1. Трансмиссионное электронно-микроскопическое изображение порошка наноалмазов.

Практическое задание № 2 «Исследование формирования зародыша новой фазы на подложке»

Цель работы: научиться рассчитывать энергетические параметры кристаллитов новой фазы при гетерогенном зародышеобразовании.

Задачи:



- 1) рассчитать свободную энергию зародыша, формирующегося на подложке;
- 2) определить число атомов в критическом зародыше.

Оборудование: текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.

Порядок выполнения работы

1. Получить формулу зависимости изменения энергии Гиббса от числа атомов в зародыше.

Изменение энергии Гиббса (ΔG) системы при гетерогенном образовании зародыша представляет собой сумму трех членов: изменения объемной энергии ($\Delta G_{\text{объем}}$), изменения поверхностной энергии при возникновении поверхности раздела между новой и материнской фазой ($\Delta G_{\text{пов}}$), а также изменения свободной энергии при образовании границы между зародышем и подложкой ($\Delta G_{\text{з-п}}$):

$$\Delta G = \Delta G_{\text{объем}} + \Delta G_{\text{пов}} + \Delta G_{\text{з-п}}.$$

(1)

Объемную составляющую энергии можно вычислить по следующей формуле:

$$\Delta G_{\text{объем}} = -\Delta G_f \cdot m, \quad (2)$$

где ΔG_f – изменение объемной свободной энергии при образовании зародыша, приходящееся на один атом; m – число атомов в зародыше.

Поверхностная составляющая изменения энергии Гиббса рассчитывается как: $\Delta G_{\text{пов}} = \sigma_1 \cdot S_1$, (3)

где σ_1 – удельная поверхностная энергия, S_1 – площадь поверхности, не контактирующей с подложкой.

Подобным образом рассчитывается $\Delta G_{\text{з-п}}$:

$$\Delta G_{\text{з-п}} = \sigma_2 \cdot S_2, \quad (4)$$

где σ_2 – удельная поверхностная энергия, S_2 – площадь поверхности, контактирующей с подложкой.

Число атомов в зародыше связано с его объемом следующим соотношением: $m = V/V_{\text{ат}}$, где $V_{\text{ат}}$ – объем, приходящийся на один атом.

Форма зародыша может быть

- куполообразной (h – радиус полусферы) (рисунок 2а);
- кубической (h – длина ребра куба) (рисунок 2б);
- цилиндрической (радиус и высота равны h) (рисунок 2в);
- тетраэдрической (длины всех ребер равны h) (рисунок 2г);
- пирамидальной (длина ребра квадратного основания равна h , высота пирамиды равна $h/2$) (рисунок 2д);
- призмобразной (высота равна h ; основание – прямоугольный треугольник с длиной катетов h) (рисунок 2е).

Зная форму и объем зародыша, необходимо рассчитать структурный параметр h (смотрите рисунок 2), с помощью которого можно оценить площадь поверхности S ($S = S_1 + S_2$).

Далее записать уравнение (1) с подстановкой выражений (2), (3) и (4), в которых S_1 и S_2 должны быть определены через число атомов в зародыше.

2. Построить график зависимости энергии Гиббса (ΔG) от числа атомов в кристаллите (m) (ось абсцисс – число атомов в кристаллите m ; ось ординат – энергии Гиббса ΔG в Дж). Диапазон изменения m : $20 \div 400$.



3. Определить число атомов в критическом зародыше (при $d(\Delta G)/dh = 0$).
4. Сделать выводы и написать отчет.

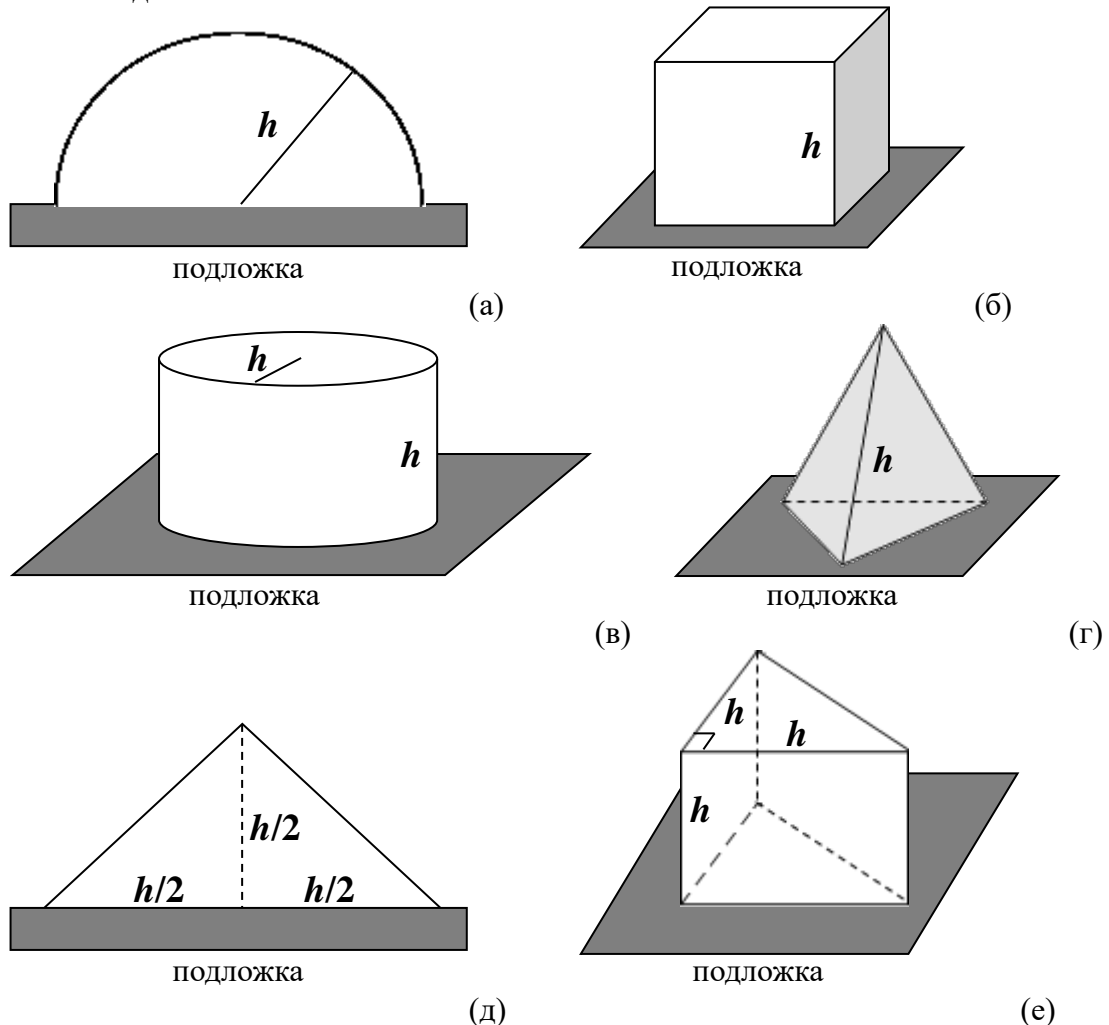


Рисунок 2. Формы зародышей: куполообразная (а), кубическая (б), цилиндрическая (в), тетраэдрическая (г), пирамидальная (д), призмобразная (е).

Практическое задание № 3 «Исследование формы нанокристаллов металлов»

Цель работы: научиться рассчитывать структуру нанокристаллов металлов.

Задачи работы:

- 1) написать программу, позволяющую рассчитать энергию когезии нанокристаллов ГЦК металлов с помощью потенциала Эркова;
- 2) определить форму наиболее устойчивых нанокристаллов, состоящих из серебра и алюминия.

Оборудование: персональный компьютер, операционная система, Pascal ABC.NET, текстовый редактор LibreOffice Writer.

Порядок выполнения работы:

1. Построение нанокристаллов серебра и алюминия выполняется следующим образом:



- 1.1. Необходимо задать атомные позиции в кубическом блоке, каждое ребро которого содержит $3 \times 3 \times 3$ гранецентрированных кубических (ГЦК) элементарных ячеек. Изображение отдельной ГЦК ячейки приведено на рисунке 3. Параметры элементарных ячеек серебра и алюминия равны $a_{Ag} = 4.084 \text{ \AA}$ и $a_{Al} = 4.048 \text{ \AA}$, соответственно. Позиции атомов в ГЦК ячейки в долях параметра a даны в таблице 1.
- 1.2. Произвести случайное заполнение кубического блока 32 атомами металла.
2. Рассчитать энергию когезии (E_k) сформированного нанокристалла с помощью потенциала Эркова второго поколения.
3. Повторить первые два пункта не менее 1000 раз и найти такую структурную конфигурацию нанокристалла, которая будет соответствовать наибольшей энергии когезии.

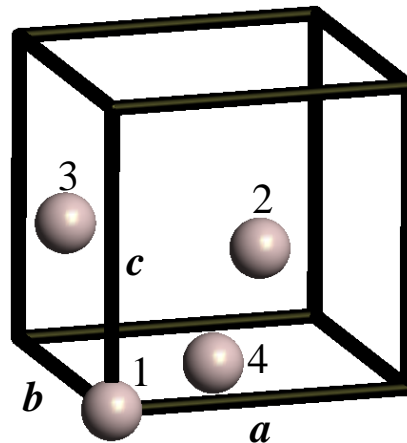


Рисунок 3. Гранецентрированная кубическая элементарная ячейка (атомы в ячейке обозначены цифрами).

Таблица 1. Относительные координаты атомов в гранецентрированной кубической элементарной ячейке алюминия.

№ атома	x/a	y/b	z/c
1	0.00	0.00	0.00
2	0.50	0.50	0.00
3	0.00	0.50	0.50
4	0.50	0.00	0.50

4. С помощью графических возможностей среды программирования PascalABC.NET или любого другого открытого программного обеспечения отобразить структуру наиболее устойчивых нанокристаллов из серебра и алюминия.
5. Сделать выводы и написать отчет.

Пример варианта контрольной работы (Разделы 1, 2)

1. Проклассифицируйте наноматериалы по структурным признакам?



Версия документа - 1	стр. 15	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

2. Какие три группы фундаментальных явлений определяют поведение подвижных носителей заряда в наноразмерных структурах?
3. Перечислите основные методы механического диспергирования.
4. Какие достоинства и недостатки имеют методы получения наноматериалов с использованием механического воздействия различных сред?

Вопросы к зачету

1. Разновидности наноматериалов.
2. Фундаментальные электронные явления в наноструктурах.
3. Квантовое ограничение.
4. Баллистический транспорт носителей заряда.
5. Туннельные эффекты.
6. Спиновые эффекты.
7. Разновидности нанотехнологий.
8. Формирование наноматериалов по механизму «снизу-вверх».
9. Формирование наноматериалов по механизму «сверху-вниз».
10. Механическое дробление. Принципы измельчения материалов.
11. Диспергирование макроскопических частиц в растворах.
12. Ультразвуковое дробление материалов в растворах.
13. Механохимический синтез нанокompозитов и наночастиц.
14. Плазмохимический метод.
15. Переработка газообразных соединений в плазме.
16. Переработка капельно-жидкого сырья.
17. Переработка твердых частиц, взвешенных в потоке плазмы.
18. Метод гидролиза в пламени.
19. Метод импульсного лазерного испарения.
20. Метод разложения. Типы химических веществ, применяемые в методе разложения.
21. Методы получения нановолокон: растворные методы и методы конденсации из газовой фазы.
22. Методы получения дисперсных фаз, состоящих из полых сферических и трубообразных частиц.
23. Виды растворных методов, применяемые для синтеза полых частиц. Физические основы термического вакуумного напыления. Устройство и основные элементы рабочей камеры.
24. Электровзрыв металлических проволок.
25. Растворные методы.
26. Золь-гель метод.
27. Гидротермальный метод.
28. Метод комплексонатной гомогенизации.
29. Метод замены растворителя.
30. Синтез под действием микроволнового излучения.
31. Метод быстрого термического разложения прекурсоров в растворе (RTDS). Метод сжигания.
32. Метод Печини.
33. Распыление ионной бомбардировкой. Устройство и основные элементы рабочей



камеры.

34. Организация контроля параметров пленок в процессе осаждения.
35. Газофазный и плазмохимический методы осаждения.
36. Эпитаксия металлоорганических соединений из газовой фазы.
37. Методы молекулярного наслаивания.
38. Электрохимические методы.
39. Сверхбыстрое охлаждение.
40. Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков.
41. Искусственное нанормообразование. Самоорганизация в наносистемах.
42. Методы синтеза нанокристаллов осаждением в наноструктурированные матрицы.
43. Электронная нанолитография.
44. Ионная нанолитография.
45. Рентгеновская нанолитография.
46. Возможности пучковых методов литографии.
47. Классификации нанокompозитов по химической природе матрицы.
48. Классификации нанокompозитов по форме и характеру укладки наполнителей из наночастиц.
49. Наноструктурированные стекла. Композиционные материалы на их основе.
50. Перспективы создания материалов, устройств и наномашин на современном этапе.
51. Интегральные микросхемы.
52. Классификация интегральных микросхем по функциональному назначению,
53. конструктивно-технологическим признакам и серийноспособности.
54. Техничко-экономические факторы, обуславливающие необходимость повышения степени интеграции объектов наноинженерии. Технологические и экономические факторы, ограничивающие степень интеграции.
55. Большие, сверхбольшие и ультрабольшие интегральные микросхемы.
56. Закон Мура.
57. Физическая структура и топология интегральных микросхем.
58. Рациональная последовательность формирования технологических операций.
59. Понятие «технологическая совместимость» элементов микро- и наносистемной техники.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в два этапа.

На первом этапе студент проходит тестирование. Тест состоит из десяти вопросов, из которых два вопроса должны быть из раздела № 1, по одному вопросу – из разделов № 2-9. Продолжительность прохождения тестирования – 20 минут.

На втором этапе студент в устно-письменной форме отвечает на один вопрос из билета. Время подготовки к ответу на вопрос из билета – 40 минут. Во время подготовки нельзя использовать справочные материалы.

4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 17	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

сформированности компетенций

Степень усвоения материала должна быть продемонстрирована при выполнении практических заданий и контрольных работ в течение семестра. Студенты в течение семестра должны успешно сдать отчеты по практическим заданиям и контрольные работы по всем разделам дисциплины. В течение семестра студент должен выполнить три контрольные работы по следующим разделам: 1 – «», «» и «»; 2 – «», «» и «»; 3 – «», «» и «». На контрольной работе студенту необходимо ответить на четыре вопроса. В случае если студент не сдал какие-либо контрольные работы в течение семестра, то на допуске к экзамену ему предлагается выполнить контрольные работы по соответствующим темам. В качестве дополнительных критериев проверки самостоятельной работы студента считается выступление студентов по соответствующим разделам, предложенным в качестве выполнения самостоятельной работы.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Критерии оценивания контрольной работы:

Характеристики ответа	Оценка	Уровень освоения проверяемых компетенций
Правильно и с пояснениями даны ответы на четыре вопроса	зачтено	высокий
Даны ответы на четыре вопроса, но имеются ошибки		средний
Правильно и с пояснениями даны ответы на три вопроса		базовый
Частично даны ответы на четыре вопроса		
Решены три задачи, но есть небольшие ошибки	не зачтено	недостаточный
Даны правильные ответы только на один-два контрольных вопроса		

К промежуточной аттестации (экзамену) не допускаются студенты, которые не сдали отчеты по лабораторным работам.

Экзамен проходит в два этапа. На первом этапе студент проходит тестирование. Второй этап заключается в ответе на два вопроса из экзаменационного билета.

4.2.1. Критерии оценивания теста

В результате прохождения тестирования студент может набрать не более пяти баллов, которые будут суммироваться с баллами, полученными при ответе на теоретические вопросы.

Правильные ответы	10	8-9	7	6	5	менее 5
-------------------	----	-----	---	---	---	---------



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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Баллы	5 баллов	4 балла	3 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	высокий	средний		базовый		недостаточный

4.2.2. Критерии оценивания теоретического вопроса

В билете приведены два теоретических вопроса из списка экзаменационных вопросов (раздел 3.2. Содержание оценочных средств). В процессе ответа студентом на эти вопросы может быть набрано не более пяти баллов.

Критерии оценивания теоретических вопросов

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала. Исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами. Правильно обосновывает принятые решения. Может самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.	5	высокий
Студент твердо знает материал дисциплины, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при ответе на вопросы.	4	средний
Студент освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала.	3	
Студент знает лишь некоторые из базовых понятий, с большим затруднением отвечает на вопросы	2	базовый
При ответе на вопросы студент допускает грубые ошибки	1	недостаточный
Студент не может ответить на вопросы	0	

4.2.3. Подведение итогов промежуточной аттестации

Для проведения промежуточной аттестации и оценки уровней сформированности компетенций производится суммирование баллов, набранных студентом в результате выполнения теста и ответа на теоретические вопросы из экзаменационного билета. На основе этих баллов выставляется оценка по пятибалльной системе. Критерии выставления оценки приведены в таблице ниже.

Оценка	Баллы	Уровень 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 «Технологические системы в нанотехнологии»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 19	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Отлично	10	Высокий уровень освоения проверяемых компетенций: студент свободно владеет теоретическими знаниями об устройстве и принципах работы оборудования, необходимого для получения нанодисперсных порошков, наноструктурированных твердых, жидких и гельобразных материалов, нанопокровов и гетероструктур, что позволяет обосновывать выбор наиболее подходящих технологических процессов, оборудования и материалов при технологической подготовке производства; полностью сформировано умение использовать полученные навыки для решения инженерных и физических задач, а также подготовки данных для составления обзоров и отчетов.
Хорошо	8-9	Средний уровень освоения проверяемых компетенций: у студента формируется комплексное знание основ технологических процессов получения наноматериалов и принципах работы оборудования, используемых для их получения; сформировано умение применять полученные навыки решения конкретных инженерных и физических задач.
Удовлетворительно	7	Базовый уровень освоения проверяемых компетенций: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает только основные положения дисциплины и недостаточно владеет навыками анализа особенностей нанопродуктов и нанотехнологий, применяемыми в исследовательской деятельности.
Неудовлетворительно	0-6	Недостаточный уровень освоения проверяемых компетенций: студент не знает основных положений вопроса, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими ошибками либо отказывается от ответов на вопросы.

