

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.06.2026 10:16:42
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323



МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 «Нанометрология»
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 (модулю)
Нанометрология**

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 «Нанометрология»
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 «Нанометрология»
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: Нанометрология

Семестр: 8

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 «Нанометрология» 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
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.1. Демонстрирует понимание основных принципов самообразования, профессионального и личностного развития. УК-6.2. Определяет свои личные ресурсы и возможности для достижения поставленной цели. УК-6.3. Демонстрирует умение рационального распределения временных и/или иных ресурсов.	Знать: Для достижения УК-6.1: основные принципы самообразования, профессионального и личностного развития Уметь: Для достижения УК-6.2: Определять свои личные ресурсы и возможности для достижения поставленной цели Владеть: Для достижения УК-6.3: навыками рационального распределения временных и/или иных ресурсов, необходимых для саморазвития
ОПК-5	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные безопасные	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	Знать: Для достижения ОПК-5.1: методы и средства экспериментального исследования материалов Уметь: Для достижения ОПК-5.2: выбирать эффективные технические средства измерения



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

	технические средства и технологии	технологии изготовления наноматериалов и изделий из них с позиции безопасности и эффективности.	нанообъектов Владеть: Для достижения ОПК-5.2: навыками применения методов и средств измерений в профессиональной деятельности
ОПК-6	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил	ОПК-6.1 - Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области технологии и методов диагностики наноматериалов и изделий из них. ОПК-6.2 - Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями	Знать: Для достижения ОПК-6.1: основную техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы с использованием средств и методов измерения размеров нанообъектов Уметь: Для достижения ОПК-6.2: обосновывать выбор средств измерения и методики измерения; анализировать физическое содержание процесса измерений с целью выбора наиболее рациональной схемы их проведения; осуществлять выбор контрольно-измерительной техники для контроля качества продукции и технологических процессов Владеть: Для достижения ОПК-6.2: навыками проведения измерений и обработки экспериментальных данных



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

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 УК-6.1: основные принципы самообразования, профессионального и личностного развития Уметь: Для достижения УК-6.2: Определять свои личные ресурсы и возможности для достижения поставленной цели Владеть: Для достижения УК-6.3: навыками рационального распределения временных и/или иных ресурсов, необходимых для саморазвития Знать: Для достижения ОПК-5.1: методы и средства экспериментального исследования материалов Уметь: Для достижения ОПК-5.2: выбирать эффективные технические средства измерения нанообъектов Владеть: Для достижения ОПК-5.2: навыками применения методов и средств измерений в профессиональной деятельности Знать:	Раздел 1. «Введение в нанометрологию»	контрольная работа; задание № 1 к практическим занятиям	Тест (Раздел 1, № 1- 4); вопросы к зачету № 1, 2
		Раздел 2. «Учение об измерениях»	контрольная работа; задание № 1 и 2 к практическим занятиям	Тест (Раздел 2, № 5- 7); вопросы к зачету № 3-5
		Раздел 3. «Теория погрешностей»	контрольная работа; задания № 1-3 к практическим занятиям	Тест (Раздел 3, № 8- 10); вопросы к зачету № 6-8
		Раздел 4. «Техническое обеспечение нанометрологии»	контрольная работа; задания № 3 и 4 к практическим занятиям	Тест (Раздел 4, № 11-13); вопросы к зачету № 9-13
		Раздел 5. «Нестабильность, точность и неопределенность наноизмерений»	контрольная работа; задание № 4 к практическим занятиям	Тест (Раздел 5, № 14-16); вопросы к зачету № 14-21
		Раздел 6. «Поверка и калибровка в нанометрологии»	контрольная работа; задание № 4 к практическим занятиям	Тест (Раздел 6, № 17-19); вопросы к зачету № 22-27



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 6	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

<p>Для достижения ОПК-6.1: основную техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы с использованием средств и методов измерения размеров нанообъектов Уметь: Для достижения ОПК-6.2: обосновывать выбор средств измерения и методики измерения; анализировать физическое содержание процесса измерений с целью выбора наиболее рациональной схемы их проведения; осуществлять выбор контрольно-измерительной техники для контроля качества продукции и технологических процессов Владеть: Для достижения ОПК-6.2: навыками проведения измерений и обработки экспериментальных данных</p>			
--	--	--	--

3.2 Содержание оценочных средств

База тестовых вопросов

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Раздел 1. Введение в нанометрологию		
1	Основными задачами программы по направлению «Развитие методической составляющей инфраструктуры наноиндустрии» являются:	1. разработка метрологического обеспечения нанотехнологии и продукции наноиндустрии 2. создание методик выполнения измерений, проверок, калибровок и испытаний средств измерений, используемых в наноиндустрии 3. разработка методик измерения твердости нанообъектов 4. разработка методических материалов по



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

		оценке и подтверждению соответствия продукции и технологий наноиндустрии
2	Создание какого микроскопа впервые позволило исследовать нанообъекты?	1. атомно-силового 2. электронного 3. оптического 4. сканирующего туннельного
3	Укажите эффект, возникающий в наноразмерных объектах:	1. низкая реактивность 2. увеличенная износоустойчивость 3. повышенная температура плавления 4. сужение ширины запрещенной зоны
4	Выберите направление, не относящее к приоритетным направлениям развития нанотехнологий и наноматериалов:	1. наноэлектроника и наноинженерия 2. нанобиотехнологии 3. информационная безопасность в наноиндустрии 4. конструкционные материалы для автомобилестроения
Раздел 2. Учение об измерениях		
5	Как называются измерения, при которых измеряется непосредственно интересующая нас физическая величина?	1. косвенные 2. прямые 3. оценочные 4. критические
6	Систематической ошибкой называют составляющую погрешности измерений, ... при повторных измерениях одной и той же величины. Укажите пропущенное словосочетание.	1. остающуюся постоянной и закономерно изменяющуюся 2. случайно изменяющуюся 3. вызванную грубым просчетом экспериментатора
7	До каких пор следует уменьшать случайную ошибку измеряемой величины?	1. при числе измерений, стремящемся к бесконечности 2. когда случайная ошибка станет сравнимой с систематической 3. если случайная ошибка будет на порядок больше систематической 4. если случайная ошибка будет на два порядка меньше систематической
Раздел 3. Теория погрешностей		
8	Распределение Стьюдента относится к ... типу распределений. Выберите пропущенное слово.	1. сложному 2. однопараметрическому 3. двухпараметрическому 4. асимметричному
9	Плотность вероятности какого распределения имеет вид $\sim \exp(-(x-\mu)^2/2\sigma^2)$?	1. нормального 2. Стьюдента 3. хи-квадрат 4. Лоренца
10	Математическое ожидание – это ...	1. оценка среднеквадратического отклонения



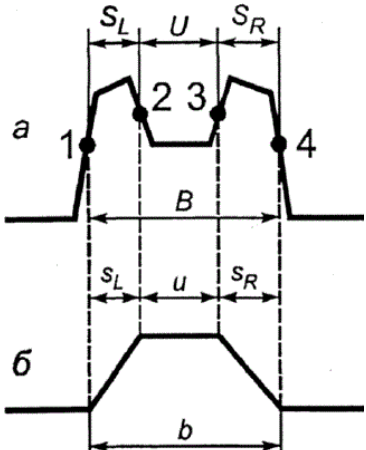
Версия документа - 1	стр. 8	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		2. дисперсия 3. среднее значение случайной величины 4. дискретная случайная величина
--	--	---

Раздел 4. Техническое обеспечение нанометрологии

11	Какое явление положено в основу работы электронного микроскопа?	1. взаимодействие сканирующего зонда с поверхностью 2. излучение ионных пучков 3. дифракции, отражении или преломлении фотонов 4. дифракция или отражение электронов
12	К сканирующим зондовым микроскопам относят...	1. электронный микроскоп 2. сканирующий туннельный микроскоп 3. атомно-силовой микроскоп 4. оптический микроскоп
13	Укажите два основных режима работы сканирующего туннельного микроскопа:	1. постоянной высоты 2. переменной вибрации 3. продольного перемещения 4. постоянного тока

Раздел 5. Нестабильность, точность и неопределенность наноизмерений

14	На рисунке показана форма сигнала (а), получаемого при сканировании на ... микроскопе, выступа (б) с трапецевидным профилем. Выберите пропущенное словосочетание. 	1. сканирующем туннельном 2. растровом электронном 3. атомно-силовом 4. оптическом
15	Укажите, по какой формуле производится определение систематической ошибки косвенного измерения?	1. $\Delta N = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \Delta z\right)^2 + \dots}$ 2. $\Delta x = \sqrt{(S_{\bar{x}} \cdot t)^2 + \delta^2}$ 3. $\Delta N = \pm \bar{N} \cdot \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial z} \Delta z\right)^2 + \dots}$



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

		$\delta N = \pm \bar{N} \cdot \left[\left \frac{\partial \ln f}{\partial x} \delta x \right + \left \frac{\partial \ln f}{\partial y} \delta y \right + \left \frac{\partial \ln f}{\partial z} \delta z \right + \dots \right]$ <p>4.</p>
16	По какой формуле производится оценка погрешности измеряемой величины при наличии систематической (δ) и случайной (Δ) ошибок?	<ol style="list-style-type: none"> 1. δ / Δ 2. $\sqrt{\delta^2 + \Delta^2}$ 3. $\delta + \Delta$ 4. $\sqrt{\delta + \Delta}$
Раздел 6. Проверка и калибровка в нанометрологии		
17	Какую форму не могут иметь элементы рельефной меры?	<ol style="list-style-type: none"> 1. сферическую 2. ступенчатую 3. трапецевидную 4. пирамидальную
18	Вычисление масштабного коэффициента видеоизображения микроскопа производится ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. вдоль направления сканирования 2. перпендикулярно направления сканирования 3. без перемещения зонда 4. при сильных колебаниях кантилевера
19	Укажите максимальный угол наклона зонда атомно-силового микроскопа от ортогональности по отношению к направлению сканирования, допускаемый при сканировании?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 5° 2. 10° 3. 20° 4. 30°

Задачи к практическим занятиям

Разделы 1-3: «Введение в нанометрологию», «Учение об измерениях» и «Теория погрешностей».

Практическое задание № 1 «Обработка результатов прямого измерения».

В результате эксперимента диаметр d многослойной углеродной нанотрубки (рисунок 1) был измерен n раз (таблица 1). Найдите среднее значение измеренной величины (\bar{d}) и ее абсолютную (Δd) и относительную (ε) ошибки. При определении доверительного интервала ($\bar{d} - \Delta x$, $\bar{d} + \Delta x$) необходимо использовать конкретное значение надежности P и соответствующее ей значение коэффициента Стьюдента (таблица 2). Также необходимо сопоставить случайную ошибку (Δd) с систематической ошибкой (δ).

Окончательный результат записать в следующем виде: $d = \bar{d} \pm \Delta d$. Оценить влияние промаха на конечный результат.

Пример варианта задания:

Таблица 1

<i>№ измер</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>d,</i>	4.1	4.9	4.5	3.1	4.1	4.5	4.8	4.2	4.9	4.4	4.0	4.5	4.9



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 10

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

НМ													
№ измер	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
d , нм	4.7	4.1	4.8	4.1	4.9	4.5	6.4	4.1	4.9	4.6	4.5	4.1	4.2

Надежность: $P = 0.95$

Систематическая ошибка: $\delta = 0.1$ нм

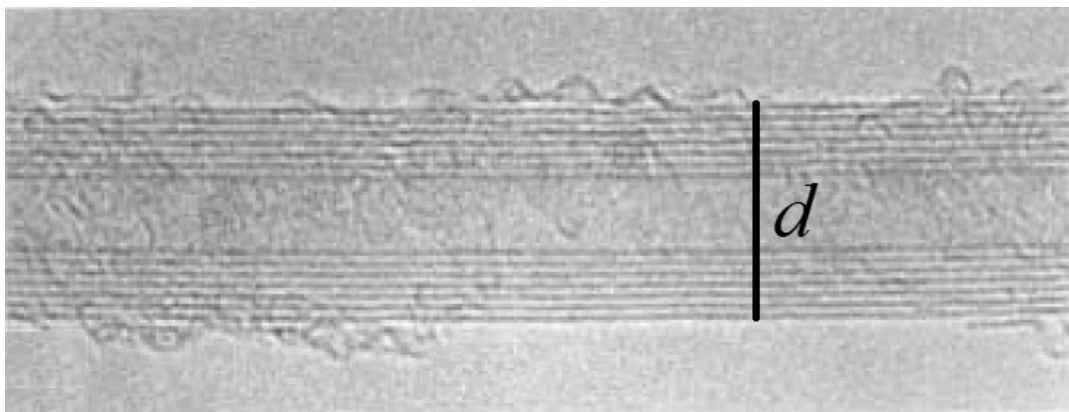


Рисунок 1. Изображение многослойной нанотрубки в просвечивающем электронном микроскопе.

Таблица 2

Коэффициенты Стьюдента					
n	Значения P				
	0.6	0.8	0.95	0.99	0.999
2	1.376	3.078	12.706	63.657	636.61
3	1.061	1.886	4.303	9.925	31.598
4	0.978	1.638	3.182	5.841	12.941
5	0.941	1.533	2.776	4.604	8.610
6	0.920	1.476	2.571	4.032	6.859
7	0.906	1.440	2.447	3.707	5.959
8	0.896	1.415	2.365	3.499	5.405
9	0.889	1.397	2.306	3.355	5.041
10	0.883	1.383	2.262	3.250	4.781
11	0.879	1.372	2.228	3.169	4.587
12	0.876	1.363	2.201	3.106	4.437
13	0.873	1.356	2.179	3.055	4.318
14	0.870	1.350	2.160	3.012	4.221
15	0.868	1.345	2.145	2.977	4.140



Коэффициенты Стьюдента					
n	Значения P				
	0.6	0.8	0.95	0.99	0.999
16	0.866	1.341	2.131	2.947	4.073
17	0.865	1.337	2.120	2.921	4.015
18	0.863	1.333	2.110	2.898	3.965
19	0.862	1.330	2.101	2.878	3.922
20	0.861	1.328	2.093	2.861	3.883
21	0.860	1.325	2.086	2.845	3.850
22	0.859	1.323	2.080	2.831	3.819
23	0.858	1.321	2.074	2.819	3.792
24	0.858	1.319	2.069	2.807	3.767
25	0.857	1.318	2.064	2.797	3.745
26	0.856	1.316	2.060	2.787	3.725
27	0.856	1.315	2.056	2.779	3.707
28	0.855	1.314	2.052	2.771	3.690
29	0.855	1.313	2.048	2.763	3.674
30	0.854	1.311	2.045	2.756	3.659
31	0.854	1.310	2.042	2.750	3.646
32-40	0.851	1.303	2.021	2.704	3.551
41-60	0.848	1.296	2.000	2.660	3.460
61-120	0.845	1.289	1.980	2.617	3.373
∞	0.842	1.282	1.960	2.576	3.291

Практическое задание № 2 «Обработка результатов косвенных измерений».

Найти абсолютную (Δf) и относительную (ϵ) погрешности для следующей функциональной зависимости (пример варианта задания):

$$f = \frac{\alpha q^2}{18R^4} \left(\frac{R}{\rho} - 2 \right).$$

При расчете погрешностей учесть величины случайных и систематических ошибок измерения x , y и α (см. таблицу 3), определенные при надежности $P = 0.95$.

Таблица 3

Среднее значение			
$\bar{\alpha}$	\bar{q}	\bar{R}	$\bar{\rho}$
1.74	0.99	3.05	0.35
Случайная ошибка			
α	q	R	ρ
0.02	0.01	0.07	0.02
Систематическая ошибка			



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 12	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

α	q	R	ρ
0.02	0.01	0.05	0.01

Окончательный результат расчета величины f записать в следующем виде: $f = \bar{f} \pm \Delta f$.

Практическое задание № 3 «Метод наименьших квадратов»

По методу наименьших квадратов вычислить коэффициенты g и w следующей зависимости (пример варианта задания):

$$y = g - \frac{3}{2} wx^{1/2}.$$

Пример результатов измерения величины y в зависимости от изменения величины x приведен в таблице 4. Кроме того, необходимо оценить абсолютную и относительную погрешности определения этих коэффициентов при надежности $P = 0.95$.

Таблица 4

i	$x_i^{1/2}$	y_i	i	$x_i^{1/2}$	y_i
1	0.0	1.95	22	10.5	1.34
2	0.5	1.92	23	11.0	1.31
3	1.0	1.89	24	11.5	1.29
4	1.5	1.86	25	12.0	1.27
5	2.0	1.82	26	12.5	1.24
6	2.5	1.79	27	13.0	1.22
7	3.0	1.76	28	13.5	1.20
8	3.5	1.73	29	14.0	1.18
9	4.0	1.70	30	14.5	1.16
10	4.5	1.67	31	15.0	1.14
11	5.0	1.64	32	15.5	1.12
12	5.5	1.61	33	16.0	1.11
13	6.0	1.58	34	16.5	1.09
14	6.5	1.55	35	17.0	1.07
15	7.0	1.52	36	17.5	1.06
16	7.5	1.50	37	18.0	1.05
17	8.0	1.47	38	18.5	1.03
18	8.5	1.44	39	19.0	1.02
19	9.0	1.41	40	19.5	1.01
20	9.5	1.39	41	20.0	1.00
21	10.0	1.36			

Разделы 4-6: «Техническое обеспечение нанометрологии», «Нестабильность, точность и неопределенность наноизмерений» и «Поверка и калибровка в нанометрологии».

Практическое задание № 4 «Поверка атомно-силовых микроскопов»



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 13

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

В процессе поверки атомно-силового микроскопа выполнено сканирование выступа рельефной меры, геометрические параметры которого приведены в таблице 5 с абсолютной погрешностью, не превышающей 0.1 нм. По результатам анализа видеопрофиля выступа необходимо найти значения масштабного коэффициента видеоизображения (m_x), цены деления вертикальной шкалы (m_z), эффективного радиуса острия зонда (r) и относительное отклонение Z-сканера микроскопа от ортогональности по отношению к направлению сканирования (Z_x). Пример изображения видеопрофиля приведен на рисунке 2.

Таблица 5. Геометрические параметры выступа рельефной меры (b_p - ширина нижнего основания выступа; b_U - ширина верхнего основания выступа; h - высота выступа; α - значение проекции наклонной стенки на плоскость нижнего основания выступа)

Вариант	α , нм	b_p , нм	h , нм
1	85,0	337,9	340,4
2	115,1	426,0	250,7
3	101,0	325,2	239,8
4	105,2	384,8	220,4
5	105,8	380,1	209,8
6	115,1	455,5	255,0
7	122,1	355,3	204,2
8	119,9	340,0	198,9

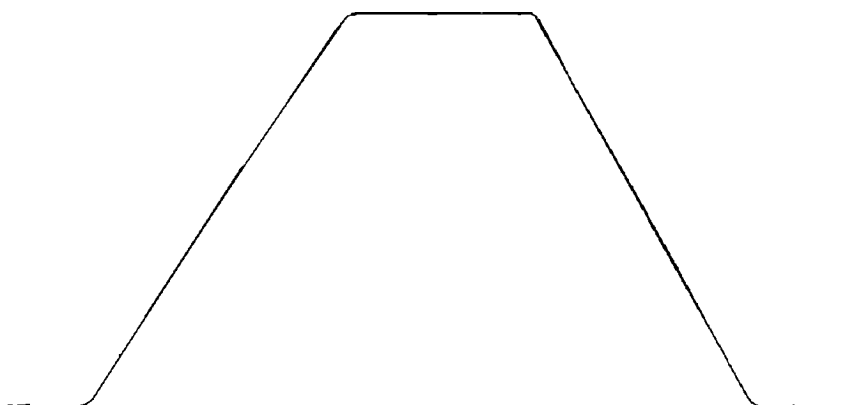


Рисунок 2. Видеопрофиль выступа рельефной меры.

Пример варианта контрольной работы (Разделы 1, 2)

1. Перечислите отличительные свойства наноструктур.
2. Разработка какого измерительного прибора наиболее сильно повлияла на развитие нанометрологии.
3. Опишите классификацию методов измерений.



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 14	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

4. Дать определение систематической и случайной ошибок.

Вопросы к зачету

1. Возникновение нанометрологии.
2. Концепция развития нанометрологии.
3. Понятия и категории измерений.
4. Сигнал и искажение измерительной информации.
5. Классификация и методы измерений.
6. Систематические погрешности.
7. Практическое оценивание погрешностей.
8. Композиция погрешностей.
9. Оптическая микроскопия.
10. Электронная микроскопия.
11. Сканирующая зондовая микроскопия.
12. Разновидности ближнепольной микроскопии.
13. Спектроскопия в нанометрологии.
14. Измерение линейных размеров рельефных наноструктур.
15. Точность измерения линейных наноразмеров.
16. Погрешности измерения длины волны и частоты лазера. Нестабильность мощности излучения лазеров.
17. Разрешающая способность растрового электронного микроскопа.
18. Особенности наноизмерений атомно-силовым микроскопом.
19. Погрешность и неопределенность.
20. Рельефные меры для нанометрового диапазона.
21. Классификация тест-объектов.
22. Поверка рельефной меры.
23. Калибровка рельефной меры.
24. Поверка растровых микроскопов.
25. Стандартная калибровка растровых микроскопов.
26. Поверка атомно-силового микроскопа.
27. Калибровка атомно-силового микроскопа.

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 по одному вопросу должно быть из разделов № 1 и 5, по два вопроса – из разделов № 2, 3, 4 и 6. 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 – 30 минут. Во время подготовки нельзя использовать справочные материалы.



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Степень усвоения материала должна быть продемонстрирована при выполнении практических заданий и контрольных работ в течение семестра. Студенты в течение семестра должны успешно выполнить практические задания и сдать контрольные работы по всем разделам дисциплины. В течение семестра студент должен выполнить три контрольные работы по следующим группам разделов: 1 – «Введение в нанометрологию» и «Учение об измерениях»; 2 – «Теория погрешностей» и «Техническое обеспечение нанометрологии»; 3 – «Нестабильность, точность и неопределенность наноизмерений» и «Проверка и калибровка в нанометрологии». 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 зачету 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		
Частично даны ответы на четыре вопроса		
Решены три задачи, но есть небольшие ошибки	не зачтено	базовый
Даны правильные ответы только на один-два контрольных вопроса		недостаточный

К промежуточной аттестации (зачету) не допускаются студенты, которые не сдали отчеты по практическим заданиям.

Зачет проходит в два этапа. На первом этапе студент проходит тестирование. Второй этап заключается в ответе на вопрос из 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 теоретический вопрос.



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 16	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Правильные ответы	10	8-9	7	6	5	менее 5
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 приведен один теоретический вопрос из списка вопросов к зачету (раздел 3.2. Содержание оценочных средств). В процессе ответа студентом на этот вопрос 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 вопрос.	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 вопрос	2	базовый
При ответе на вопрос студент допускает грубые ошибки	1	недостаточный
Студент не может ответить на вопрос	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 теоретический вопрос из билета. На основе этих баллов выставляется оценка по системе «зачтено – не зачтено». Критерии выставления оценки приведены в таблице ниже.



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 «Нанометрология»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

Оценка	Баллы	Уровень сформированности компетенций
Зачтено	10	Высокий уровень освоения проверяемых компетенций: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом теории, методов и средств измерений, а также контроля и обеспечения единства измерений, что позволяет обосновывать выбор средств измерения и анализировать физическое содержание процесса измерений с целью выбора наиболее рациональной схемы их проведения; полностью сформировано умение использовать навыки проведения измерений и обработки экспериментальных данных, а также осуществлять выбор контрольно-измерительной техники для контроля качества продукции и технологических процессов.
Зачтено	8-9	Средний уровень освоения проверяемых компетенций: у студента формируется комплексное знание основ теории измерений и технического обеспечения наноиндустрии; сформировано умение применять полученные навыки по проведению измерений и обработке экспериментальных данных, а также осуществлять выбор контрольно-измерительной техники для контроля качества продукции и технологических процессов.
Зачтено	7	Базовый уровень освоения проверяемых компетенций: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает только основные положения дисциплины и недостаточно владеет навыками обработки экспериментальных данных для решения практических задач нанометрологии.
Не зачтено	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.

