

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Метрология наноматериалов и наноустройств**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Афанасьев В.П.
	Идентификатор	Rd662399b-AfanasyevVP-e234fce1

В.П.
Афанасьев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaae29

А.С.
Дмитриев

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю.
Пузина

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах

ИД-2 Знает особенности метрологических систем и систем диагностики наноразмерных материалов и устройств

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Проверка задания

1. Диагностика и измерения тепловых свойств наноматериалов (Контрольная работа)
2. Диагностика и измерения электрофизических свойств наноматериалов (Контрольная работа)
3. Диагностика и тестирования наноматериалов (Коллоквиум)
4. Методы диагностики и тестирования наноматериалов (Коллоквиум)
5. Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий (Контрольная работа)
6. Методы контроля наноматериалов и их функциональных свойств (Коллоквиум)
7. Методы сертификации наноматериалов и их функциональных свойств (Коллоквиум)
8. Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств (Контрольная работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	6	9	12	16
Основные понятия нанотехнологий					
Понятие нанотехнологий		+	+		
Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики					
Зондовая микроскопия		+	+		
Спектроскопия		+	+		
Методы диагностики и тестирования наноматериалов					

Механические свойства наноматериалов			+	+
Оптические свойства наноматериалов			+	+
Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий				
Общая классификация методов			+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	6	9	12	16
Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов					
Электрофизические свойства наноматериалов и методы их измерений	+	+			
Теплофизические свойства наноматериалов и методы их диагностики	+	+			
Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств					
Порометрия				+	+
Оптический контроль				+	+
Контроль физических свойств				+	+
Биосовместимость				+	+
Вес КМ:	25	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-2ПК-2 Знает особенности метрологических систем и систем диагностики наноразмерных материалов и устройств	Знать: способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств методы определения основных параметров наноразмерных систем и наноматериалов Уметь: проводить и обрабатывать измерения в наноразмерных материалах и наноустройствах проводить научные эксперименты и тесты с нанотехнологическим оборудованием	Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств (Контрольная работа) Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий (Контрольная работа) Методы диагностики и тестирования наноматериалов (Коллоквиум) Диагностика и тестирования наноматериалов (Коллоквиум) Диагностика и измерения электрофизических свойств наноматериалов (Контрольная работа) Диагностика и измерения тепловых свойств наноматериалов (Контрольная работа) Методы сертификации наноматериалов и их функциональных свойств (Коллоквиум) Методы контроля наноматериалов и их функциональных свойств (Коллоквиум)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

7 семестр

КМ-1. Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает задачу и индивидуальные значения параметров. Необходимо предоставить ответ с описанием хода его получения/

Краткое содержание задания:

Решить следующие задачи.

Данные по величинам $\tau, \mu, q, l_{el}, \epsilon$ каждому студенту определяет преподаватель

Контрольные вопросы/задания:

Знать: способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств	1. Построить с помощью Mathcad угловое распределение упруго рассеянных атомных частиц при их движении в мишени на основе решения Гаудсмита Саундерсена (1): $N(\tau, \mu) = \sum_{l=0}^{\infty} \frac{2l+1}{2} \left[\exp\left(-\left(1-\lambda q^l\right) \frac{\tau}{\mu_0}\right) - \exp\left(-\left(1-\lambda\right) \frac{\tau}{\mu_0}\right) \right] \times P_l(\mu) + \exp\left(-\left(1-\lambda\right) \frac{\tau}{\mu_0}\right) \delta(\mu - \mu_0)$ Последнее, сингулярное слагаемое в формуле не участвует в вычислениях, определяется только поток рассеянных частиц, тех, которые испытали хотя бы одно упругое рассеяние. В формуле, которая будет использоваться в конкретных расчетах, использовано нормированное на единицу дифференциальное упругое сечение вида, носящее название: «индикатриса Хеньи – Гринштейна»: $x_{el}(\mu) = \frac{1 - q^2}{(1 + q^2 - 2q\mu)^{3/2}} = \sum_{l=0}^{\infty} \frac{2l+1}{2} q^l P_l(\mu)$ 2. Построить на основе первого задания распределение по пробегам атомных частиц, движущихся в мишени под углом, косинус которого равен μ. 3. Найти в приближении непрерывного замедления (2) энергетический спектр частиц, движущихся под углом, косинус которого равен μ $N(\Delta, \mu) = \int_0^{\infty} dz N\left(\frac{z}{l_{el}}, \mu\right) \delta(\Delta - \bar{\epsilon} z) = \frac{1}{\bar{\epsilon}} N\left(\frac{\Delta}{l_{el} \cdot \bar{\epsilon}}, \mu\right)$ 4. Понятие нанотехнологий. Физические основы нанотехнологий 5. Метрология наносистем. Примеры применения нанотехнологий
---	---

	6.Зондовая микроскопия 7.Атомно-силовая микроскопия 8.Электронная микроскопия 9.Спектроскопия
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает задачу и индивидуальные значения параметров. Необходимо предоставить ответ с описанием хода его получения/

Краткое содержание задания:

Решите задачу.

Данные по величинам $\tau, \sigma, \varepsilon, \sigma_d$ каждому студенту определяет преподаватель.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств	1.Вычислить в программе Mathcad, в соответствии с решением Ландау, энергетический спектр частиц (3), прошедших в мишени путь определяемый безразмерным параметром $\tau = \frac{x}{l_{in}}$, другими словами: путь измеряемый средними длинами неупругого пробега l_{in} $N(\tau, \Delta) = \exp\left(-\frac{\tau}{\mu}\right) \cdot \left[\delta(\Delta) + \frac{\tau}{\mu} x_{in}(\Delta) + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{k!} \left(\frac{\tau}{\mu}\right)^k x_{in}^k(\Delta) \right]$ Где $x_{in}(\Delta)$ нормированные на единицу дифференциальные сечения неупругого рассеяния, которые, как в данной задаче так и последующих, аппроксимируются функцией Гаусса:
--	---

	$x_{inG}(\Delta, \varepsilon, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\Delta - \varepsilon)^2}{2\sigma^2}\right]$ Где $x_{inG}^k(\Delta, \varepsilon, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2k\pi}} \exp\left[-\frac{(\Delta - k\varepsilon)^2}{2k\sigma^2}\right]$ Поскольку процесс измерения спектров зависит от аппаратной функции энергоанализатора, дисперсии источника атомных частиц, доплеровского уширения сигнала, то необходимо учесть указанные факторы при анализе спектра отраженных электронов. Если учесть суммарное влияние отмеченных факторов нормальным распределением: $x_{Ap}(\Delta, \sigma_A) = \frac{1}{\sigma_A\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\Delta^2}{2\sigma_A^2}\right]$ В соответствии с изложенным формула (3) принимает вид $N(\tau, \Delta) = \exp\left(-\frac{\tau}{\mu}\right) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} \left(\frac{\tau}{\mu}\right)^k x_{inGA}^k(\Delta)$ Где: $x_{inGA}^k(\Delta, \varepsilon, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2((k\sigma)^2 + \sigma_A^2)}\pi} \exp\left[-\frac{(\Delta - k\varepsilon)^2}{2((k\sigma)^2 + \sigma_A^2)}\right]$ 2.Механические свойства наноматериалов 3.Методы анализа механических свойств наноматериалов 4.Разрушающий контроль поверхности 5.Неразрушающий контроль поверхности
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Методы диагностики и тестирования наноматериалов

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов. Опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

Краткое содержание задания:

Решите расчетное задание.

Ответьте на дополнительные теоретические вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить и обрабатывать измерения в наноразмерных материалах и наноустройствах	1. Расчет угловых распределений, определяющих интенсивность спектров Упруго Отраженных Электронов. В этом случае нас интересует величина $C_l^0 = -\frac{\mu\mu_0}{\mu + \mu_0} \ln(1 - \lambda g^l)$ В конкретных расчетах мы ограничимся случаем нормального падения на мишень ($\mu_0 = 1$), что приводит к азимутальной симметрии, в качестве индикатрисы упругого рассеяния выберем функция Хеньи – Гринштейна. Значения альбедо и величины g определяет преподаватель. Угловое распределение упруго отраженных атомных частиц определит формула $R(\mu) = \sum_{lm} C_l^0 \frac{2l+1}{2} P_l(\mu)$ Где $P_l(\mu)$ - полиномы Лежандра. 2. Оптические свойства наноматериалов 3. Оптическая спектроскопия 4. Спектрофотометры. Устройство, принцип действия 5. Рамановская спектроскопия наноматериалов
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Диагностика и тестирования наноматериалов

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов. Опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

Краткое содержание задания:

Ответьте на теоретические вопросы.

Решите расчетное задание:

Уравнение (6)

$$\frac{\partial}{\partial \tau} Q_m(\tau, \mu_0, \mu) + \frac{1}{\mu} Q_m(\tau, \mu_0, \mu) = F'_m(\mu_0, \mu) + \lambda \int_{-1}^1 Q_m(\tau, \mu_0, \mu') x_{cm}(\mu', \mu) \frac{d\mu'}{\mu'}$$

описывает фотоэлектроны, которые вышли в вакуум без потерь энергии и сформировали характерный пик в РФЭС спектре (no loss peak).

Здесь

$$F'_m(\mu_0, \mu) = \frac{\sigma_{\pi-\epsilon}}{4\pi(\sigma_{el} + \sigma_m)} \left[1 - \frac{3}{4} (3 \cos^2 \theta - 1) \right], \quad \cos \theta = \mu \mu_0 + \sqrt{1 - \mu^2} \sqrt{1 - \mu_0^2} \cos(\varphi - \varphi_0)$$

Решение (6) на основе Метода Сферических Гармоник дает результат (7):

$$Q_m^l(\tau) = \frac{\mu \cdot F'_m{}^l}{1 - \lambda x_m^l} \left[1 - \exp \left(-\frac{1 - \lambda x_m^l}{\mu} \tau \right) \right]$$

Помня о том, что (7) описывает те фотоэлектроны, которые вышли из слоя испытываемых хотя бы одно рассеяние, то для описания всего потока фотоэлектронов нам необходимо добавить фотоэлектроны, вышедшие из слоя, не испытывав никаких рассеяний (8):

$$Q_{nsm}^l(\tau) = \mu \cdot F'_m{}^l \left[1 - \exp \left(-\frac{\tau}{\mu} \right) \right]$$

В итоге, для плотности потока фотоэлектронов, вышедших из слоя получаем:

$$Q(\tau, \mu, \mu_0, \varphi_0 - \varphi) = \sum_m \frac{2l+1}{2} \cdot \frac{1}{2} [Q_{nsm}^l(\tau) + Q_m^l(\tau)] P_m(\mu) P_m(\mu_0) \exp[-im(\varphi_0 - \varphi)] =$$

$$= \sum_m \frac{2l+1}{2} \cdot \frac{1}{2} Q_m^l(\tau) P_m(\mu) P_m(\mu_0) \exp[-im(\varphi_0 - \varphi)] + \frac{\mu}{2} \cdot F'_m(\mu_0, \mu, \varphi - \varphi_0) \left[1 - \exp \left(-\frac{\tau}{\mu} \right) \right]$$

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить и обрабатывать измерения в наноразмерных материалах и наноустройствах	1. Построить распределение по длинам пробега в мишени для фотоэлектронов, вышедших из образца в вакуум в заданной преподавателем геометрии по углам зондирования рентгеновским излучением и углам зондирования фотоэлектронов.
--	--

	2. Построить угловое распределение фотоэлектронов. Данные по величинам $\frac{\sigma}{\sigma_{el} + \sigma_{in}}$, β, λ и геометрию эксперимента каждому студенту определяет преподаватель. 3. Классификация методов исследования наноструктурных поверхностей и покрытий 4. ИК-Фурье спектроскопия 5. Рамановская спектроскопия наноматериалов 6. Лазерная спектроскопия 7. Фемто- и наносекундная спектроскопия
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

8 семестр

КМ-5. Диагностика и измерения электрофизических свойств наноматериалов

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает задачу и индивидуальные значения параметров. Необходимо предоставить ответ с описанием хода его получения/

Краткое содержание задания:

Решите задачу.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы определения основных параметров наноразмерных систем и наноматериалов	1. Энергетические спектры Резерфордского обратного рассеяния (RBS), послойный анализ на основе RBS. Построить RBS спектр для двухслойного образца. Зондирование 2 МэВ альфа частицами. Дифференциальное сечение упругого рассеяния определять формулой Резерфорда. Потери энергии
---	--

	альфа частиц определять на основе формулы Бете – Блоха со средним потенциалом ионизации – 13.5 Z эВ. Спектры строятся с учетом зависимости сечений от энергии, но стартуют с расчета без учета энергетической зависимости сечений. 1. 200 нм золота на кремнии. 2. 100 нм W на C. 3. 150 нм Cu на Si. 4. 100 нм W на Be. 5. 150 нм C на Be. 2. Электрофизические свойства наноматериалов 3. Методы измерения электрофизических свойств наноматериалов 4. тонкослойных пленок 5. Удельное электросопротивление нанокомпозитов
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-6. Диагностика и измерения тепловых свойств наноматериалов

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает задачу и индивидуальные значения параметров. Необходимо предоставить ответ с описанием хода его получения/

Краткое содержание задания:

Решите задачу. Ответьте на теоретические вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы определения основных параметров наноразмерных систем и наноматериалов	1. Определить спектр электронов, простреливших пленку, толщина которой много меньше транспортного пробега. Учесть различие в законах потерь энергии в приповерхностном слое и однородном массиве пленки
---	---

В односкоростном приближении искомый спектр определится сверткой:

$$N(\tau_s + \tau_B, \Delta) = \int_0^{E_0} d\varepsilon \cdot N_s(\tau_s, \Delta - \varepsilon) N_B(\tau_B, \varepsilon)$$

С учетом того, что $\tau_s \ll 1$ построим расчетную формулу.

Функции $N_s(\tau_s, \Delta)$ и $N_B(\tau_B, \Delta)$ определяются формулой, но с учетом того, что $\tau_s \ll 1$, в формуле для $N_s(\tau_s, \Delta)$ достаточно ограничиться первыми тремя слагаемыми. С учетом влияния аппаратной функции процедуры измерения (см. (43)) приходим к выражению (1):

$$N_{TEELS}(\tau_s + \tau_B, \Delta) = \exp\left(-\frac{\tau_s + \tau_B}{\mu}\right) \int_0^{E_0} d\varepsilon \cdot \left[x_{Ap}(\Delta - \varepsilon, \sigma_A) + \frac{\tau_B}{\mu} x_{inSA}^1(\Delta - \varepsilon, \varepsilon_s, \sigma_s + \sigma_A) \cdot \right. \\ \left. \cdot \delta(\Delta) + \frac{\tau_B}{\mu} x_{inB}^1(\varepsilon, \varepsilon_B, \sigma_B) + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{k!} \left(\frac{\tau_B}{\mu}\right)^k x_{inB}^k(\varepsilon, \varepsilon_B, \sigma_B) \right]$$

где

$$x_{inSA}^k(\Delta, \varepsilon_s, \sigma_s + \sigma_A) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(k\sigma_s^2 + \sigma_A^2)}} \exp\left[-\frac{(\Delta - k\varepsilon_s)^2}{2(k\sigma_s^2 + \sigma_A^2)}\right] \\ x_{inB}^k(\varepsilon, \varepsilon_B, \sigma_B) = \frac{1}{\sigma_B \sqrt{2k\pi}} \exp\left[-\frac{(\Delta - k\varepsilon_B)^2}{2k\sigma_B^2}\right]$$

Необходимо помнить, что в качестве сечения неупругого рассеяния мы используем распределение Гаусса, которое определено на интервале $-\infty < \Delta < +\infty$, следовательно пределы интегрирования в формуле (1) нужно расширить до значений $-\infty < \varepsilon < +\infty$, что позволит выполнить интегрирование и получить окончательную формулу (2):

$$N_{TEELS}(\tau_s + \tau_B, \Delta) = \exp\left(-\frac{\tau_s + \tau_B}{\mu}\right) \cdot \left[x_{Ap}(\Delta, \sigma_A) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{k!} \left(\frac{\tau_B}{\mu}\right)^k \frac{1}{\sqrt{2\pi(k\sigma_s^2 + \sigma_A^2)}} \exp\left[-\frac{(\Delta - k\varepsilon_s)^2}{2(k\sigma_s^2 + \sigma_A^2)}\right] + \right. \\ \left. \cdot \frac{\tau_B}{\mu} x_{inSA}^1(\Delta - \varepsilon, \varepsilon_s, \sigma_s + \sigma_A) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{k!} \left(\frac{\tau_B}{\mu}\right)^k x_{inB}^k(\varepsilon, \varepsilon_B, \sigma_B + \sigma_s + \sigma_A) \right]$$

где

$$x_{inB}^k(\varepsilon, \varepsilon_B, \sigma_B + \sigma_s + \sigma_A) = \frac{1}{\sqrt{2\pi[k\sigma_B^2 + \sigma_s^2 + \sigma_A^2]}} \exp\left[-\frac{(\Delta - \varepsilon_s - k\varepsilon_B)^2}{2(k\sigma_B^2 + \sigma_s^2 + \sigma_A^2)}\right]$$

2. Построить энергетические спектры атомных частиц, отраженных от полубесконечных мишеней в случае зондирования по нормали к поверхности. В этом случае нам необходимо вычислить ряд (3):

$$R(\mu, \Delta) = \sum_{im} \frac{2I+1}{2} P_l(\mu) [C_l^0 \delta(\Delta) + C_l^1 x_{in}(\Delta) + \dots + C_l^k x_{in}^k(\Delta) + \dots]$$

Где $x_{in}(\Delta)$ нормированные на единицу дифференциальные сечения неупругого рассеяния, которые аппроксимируются функцией Гаусса:

$$x_{inG}(\Delta, \varepsilon, \sigma) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\Delta - \varepsilon)^2}{2\sigma^2}\right]$$

где

$$x_{inG}^k(\Delta, \varepsilon, \sigma) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2k\pi}} \exp\left[-\frac{(\Delta - k\varepsilon)^2}{2k\sigma^2}\right]$$

	Поскольку процесс измерения спектров зависит от аппаратной функции энергоанализатора, дисперсии источника атомных частиц, доплеровского уширения сигнала, то необходимо учесть указанные факторы при анализе спектра отраженных электронов. Если учесть влияние отмеченных факторов нормальным распределением: $x_{Ap}(\Delta, \sigma_A) = \frac{1}{\sigma_A \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\Delta^2}{2\sigma_A^2} \right]$ С учетом влияния экспериментальных погрешностей формула (3) преобразуется к виду (4): $R(\mu, \Delta) = \sum_{lm} \frac{2l+1}{2} P_l(\mu) [C_l^0 x_{Ap}(\Delta, \sigma_A) + C_l^1 x_{inGA}(\Delta) + \dots + C_l^k x_{inGA}^k(\Delta) + \dots]$ где $x_{inGA}^k(\Delta, \varepsilon, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2((k\sigma)^2 + \sigma_A^2)} \pi} \exp \left[-\frac{(\Delta - k\varepsilon)^2}{2((k\sigma)^2 + \sigma_A^2)} \right]$ Для определения парциальных вкладов C_l^k ограничимся случаем нормального падения на мишень, что приводит к азимутальной симметрии, и в качестве индикатрисы выберем функцию Хеньи-Гринштейна, тогда: $C_l^k = \frac{\mu\mu_0}{\mu + \mu_0} \frac{(1-\lambda)^k}{k} \left[\frac{1}{(1-\lambda g^l)^k} - 1 \right], \text{ если } k > 0.$ Функция C_l^0 определяется формулой: $C_l^0 = -\frac{\mu\mu_0}{\mu + \mu_0} \ln(1 - \lambda g^l)$ Значения альбедо и величин $g, \sigma, \sigma_A, \varepsilon, \mu$ определяет преподаватель. 3. Методы диагностики функциональных свойств наноматериалов 4. Измерение термодинамических параметров наноматериалов 5. Измерение теплопереноса в наноматериалах
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-7. Методы сертификации наноматериалов и их функциональных свойств

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов. Опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

Краткое содержание задания:

Решите расчетное задание.

Ответьте на дополнительные теоретические вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить научные эксперимент ы и тесты с нанотехнолог ическим оборудование м	1.Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, определение толщин покрытий РФЭС сигнал кремния определяется формулой (5): $Q_2(\mu_0, \mu, \varphi) = I_{hv} n_2 F_2(\mu, \mu_0, \varphi) \mu l_{in2} e^{\frac{-d}{\mu l_{in1}}}$ Где $I_{hv} n_2 F_2(\mu, \mu_0, \varphi) \mu l_{in2}$ интенсивность сигнала полубесконечного слоя Si. $e^{\frac{-d}{\mu l_{in1}}}$ ослабление сигнала в слое золота толщиной d . Интенсивность слоя золота (6): $Q_1(d, \mu_0, \mu, \varphi) = I_{hv} n_1 F_1(\mu_0, \mu, \varphi) \mu l_{in} (1 - e^{\frac{-d}{\mu l_{in1}}})$ В (5) и (6) длина свободного пробега l_{in1} в золоте практически совпадают поскольку энергия пика золота. Au4f7/2 и энергия пика Si2p различаются на 16 эВ. Толщину напыленного слоя золота d будем определять на основе относительных интенсивностей пиков Au4f7/2 и Si2p (7): $\frac{Q_1(d, \mu_0, \mu, \varphi)}{Q_2(\mu_0, \mu, \varphi)} = \frac{F_1(\mu_0, \mu, \varphi) l_{in1} n_1}{F_2(\mu_0, \mu, \varphi) l_{in2} n_2} (e^{\frac{d}{\mu l_{in1}}} - 1)$ где искомая величина - d является единственной неизвестной величиной. Из (7) получаем окончательную формулу для определения толщины напылённого слоя $d = \ln\left(\frac{Q_1(d, \mu_0, \mu, \varphi)}{Q_2(\mu_0, \mu, \varphi)} \cdot \frac{n_2 F_2(\mu_0, \mu, \varphi) l_{in2}}{n_1 F_1(\mu_0, \mu, \varphi) l_{in1}} + 1\right) \cdot \mu l_{in1}$
---	--

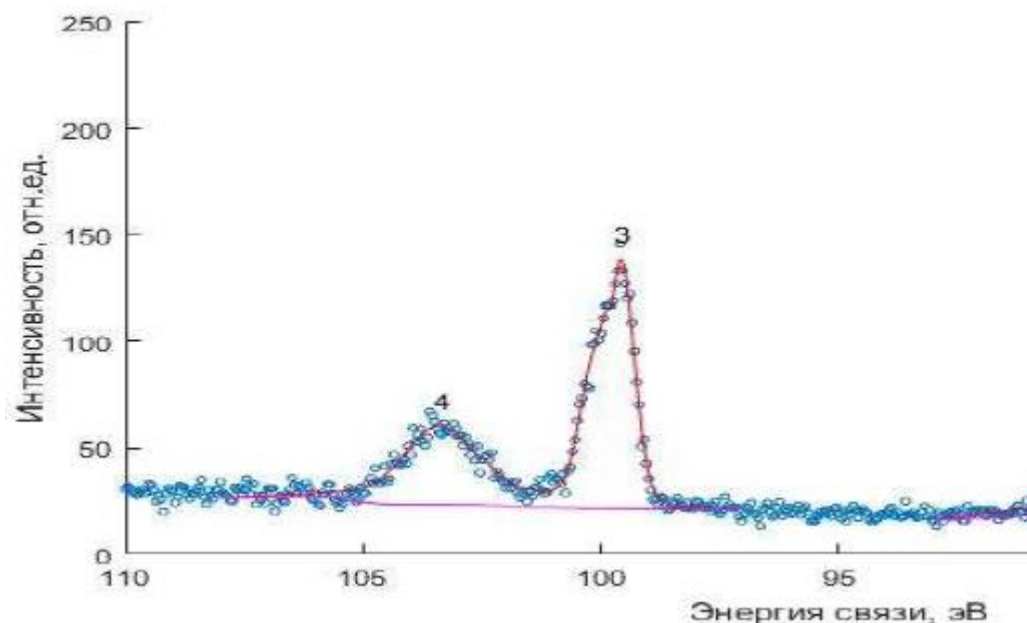


Figure 1 РФЭС спектр образца Au/Si при 0° относительно оси анализатора, 1 – пик Au4f7/2; 2 – пик Au4f5/2; 3 – пик Si2p3/2; 4 – пик Si2p1/2.

Конкретный РФЭС спектр и набор данных по геометрии эксперимента выдаются каждому студенту. Данные по функциям $F_{Au, Si}(\mu_0, \mu, \varphi)$ студенты определяют в соответствии с КМ– 4 7 семестра.

2. Методы определения истинной поверхности поверхностей
3. Методы оптического контроля поверхности
4. Методы и устройства эллипсометрии
5. Порометрия. Устройства, методики

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-8. Методы контроля наноматериалов и их функциональных свойств

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос студентов. Опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

Краткое содержание задания:

Решите расчетное задание.

Ответьте на дополнительные теоретические вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить научные эксперимент ы и тесты с нанотехноло гическим оборудовани ем	1. Спектроскопия пиков упруго-отраженных электронов, исследование нанопокровов и субмонослойных углеводородных покрытий Основная цель работы – определение погрешности в определении стехиометрии соединения, допускаемой в модели одного отклонения. Учет процессов многократного упругого рассеяния выполняется на основе решения граничной задачи методом инвариантного погружения. Для конкретных расчетов используется Метод Сферических Гармоник, требующий знания о коэффициентах разложения дифференциального сечения упругого рассеяния в ряд по полиномам Лежандра - x_l. Это первая часть работы: $S_l = 2\pi \int_{-1}^1 d\mu (1 - P_l(\mu)) x_l(\mu) = 1 - x_l$ $x_l = 1 - S_l$ $S_l(t) = 1 - (1 - t^2) \frac{dQ_l(t)}{dt}; \quad t = 1 + 2\eta$ $Q_l(t) = \frac{2l-1}{l} t Q_{l-1}(t) - \frac{l-1}{l} Q_{l-2}(t), \quad (8)$ Для $t > 1$ (9): $Q_0(t) = \frac{1}{2} \ln \frac{1+t}{t-1}; \quad Q_1(t) = t Q_0(t) - 1$ $S_0 = 1; \quad S_1 = 1 + \left[(1 + 2\eta) \left(\eta \ln \frac{1+t}{t-1} - 1 \right) \right];$ $Q_l(t) = \frac{2l-1}{l} t Q_{l-1}(t) - \frac{l-1}{l} Q_{l-2}(t),$ С учетом (9): $Q_0(t) = \frac{1}{2} \ln \frac{t+1}{t-1}; \quad Q_1(t) = t Q_0(t) - 1; \quad t = 2\eta + 1$ $\eta = \left(\frac{\lambda_{DB}}{a} \right)^2$ - параметр экранирования в сечении Резерфорда, определяемый квадратом отношения длины волны налетающей атомной частицы к размеру атома на котором происходит рассеяние. Определить данные величины следует в соответствии с пособием «В.П. Афанасьев, С.Д. Федорович Сечения упругого и неупругого рассеяния электронов и легких ионов килоэлектронвольтных энергий в твердых телах». Расчет интенсивностей пиков упруго-отраженных от многокомпонентной мишени электронов выполняется на основе формул (10): $Rl_j(s, \mu_0, \mu) = \frac{\mu_0 \mu}{\mu_0 + \mu} \sum_{l=0}^{\infty} \frac{2l+1}{2} P_l(\mu_0) P_l(\mu) \cdot \beta_j \left[(x_j^l - 1) e^{-\frac{(1-x^l)s}{\alpha}} + e^{-\frac{s}{\alpha}} \right]$
---	---

	и $RSLA_j(s, \mu_0, \mu) = \frac{\mu_0 \mu}{\mu_0 + \mu} \beta_j \cdot x_j(\mu_0, \mu)$ Данные по величинам β_j, конкретное детектируемое соединение, геометрию эксперимента, энергию зондирующего пучка задает преподаватель 2.Методы контроля физических свойств наноматериалов 3.Резистометрия наноматериалов 4.Измерение магнитных свойств наноматериалов 5.Контроль и тестирование биосовместимости и безопасности наноматериалов
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Упругое рассеяние электронов и легких ионов в твердых телах, сечение рассеяния
2. Особенности процесса дифракции в кристаллах

Процедура проведения

Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по умолчанию час) студенты с расписанными ответами подходят к преподавателю и начинают рассказывать билет своими словами

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-2} Знает особенности метрологических систем и систем диагностики наноразмерных материалов и устройств

Вопросы, задания

1. Упругое рассеяние электронов и легких ионов в твердых телах, сечение рассеяния
2. Особенности процесса дифракции в кристаллах
3. Полное и транспортное сечения рассеяния. Расчет на примере Резерфордского сечения
4. Энергоанализатор. Типы электростатических энергоанализаторов
5. Резерфордское сечение рассеяния – вывод
6. Принцип работы электростатических, электромагнитных и магнитных энергоанализаторов
7. Неупругие потери энергии электронов в твердом теле
8. Электронная пушка, различные виды электронных пушек
9. Томсоновское сечение неупругого рассеяния, вывод
10. Ионная пушка, различные виды ионных пушек
11. Торможение атомных частиц в твердых телах, средние потери энергии на единице длины
12. Рентгеновский источник, виды рентгеновских источников
13. Основные параметры неупругого рассеяния: средняя длина свободного пробега, средние потери энергии на единице длины, остаточный пробег
14. Решение Гаудсмита – Саундерсена
15. Коллективные неупругие потери энергии, вид сечения, следующий из дисперсионной теории
16. Вакуумные системы аналитических установок
17. Плазменные колебания свободных электронов, ленгмюровская частота
18. Электростатические энергоанализаторы: плоское зеркало, цилиндрическое и сферическое зеркало
19. Расчет средних потерь энергии на единице длины для томсоновского сечения
20. Схема установки для рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии
21. Угловые распределения упругоотраженных электронов

22.Схема установки для Оже-спектроскопии

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Каков, согласно классическому определению, предельный максимальный характерный размер наночастиц?

Ответы:

10 нм

100 нм

1 мкм

Верный ответ: 100 нм

2.Каков актуальный масштаб современного техпроцесса изготовления микропроцессоров?

Ответы:

единицы нанометров

сотни нанометров

десятые доли микрон

Верный ответ: единицы нанометров

3.В чем состоит одно из преимуществ зондовой микроскопии над электронной?

Ответы:

возможность получать трехмерные изображения непроводящих поверхностей

скорость сканирования

прочность чувствительного элемента

Верный ответ: возможность получать трехмерные изображения непроводящих поверхностей

4.Что является источником электронов в электронной пушке?

Ответы:

катод

анод

Верный ответ: катод

5.Назовите элемент, не являющийся компонентом просвечивающего электронного микроскопа:

Ответы:

вакуумная система

электронная пушка

кантилевер

фокусирующие апертуры

Верный ответ: кантилевер

6.Конструкционно графит можно представить в виде множества наложенных друг на друга графеновых листов, соединенных силами:

Ответы:

ионными

ван-дер-Ваальса

ковалентными

Верный ответ: ван-дер-Ваальса

7.Ультрафиолетовая область спектра относительного видимого диапазона лежит в области:

Ответы:

меньших длин волн

больших длин волн

внутри видимого диапазона

Верный ответ: меньших длин волн

8.Рамановская спектроскопия материалов измеряет:

Ответы:

рассеянное излучение
поглощенное излучение
излучение, отраженное под прямым углом

Верный ответ: рассеянное излучение

9.Монохроматор в составе спектрометров позволяет:

Ответы:

имитировать воздействие одиночного электрона
выделить область излучения с малым разбросом частот
выделить частоты, соответствующие излучению хрома

Верный ответ: выделить область излучения с малым разбросом частот

10.Фемтосекундные лазеры способны генерировать импульсы излучения, порядок которых составляет:

Ответы:

10^{-12} секунд
 10^{-15} секунд
 10^{-10} секунд

Верный ответ: 10^{-15} секунд

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Решение граничной задач для отражения электронов от однородных однокомпонентных твердых тел
2. Экспериментальное определение толщин покрытий методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии

Процедура проведения

Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по умолчанию час) студенты с расписанными ответами подходят к преподавателю и начинают рассказывать билет своими словами

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Знает особенности метрологических систем и систем диагностики наноразмерных материалов и устройств

Вопросы, задания

1. Решение граничной задач для отражения электронов от однородных однокомпонентных твердых тел
2. Экспериментальное определение толщин покрытий методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии
3. Решение граничной задач для отражения электронов от однородных многокомпонентных твердых тел, Спектроскопия пиков упругоотраженных электронов
4. Процедуры вычитания фона в Рентгеновской Фотоэлектронной Спектроскопии
5. Задача определения Распределения плотности потока отраженных электронов по длинам пробега в однородной однокомпонентной мишени
6. Принцип работы методики сканирующей Оже - спектроскопии
7. Решение граничной задач для отражения легких ионов от однородных однокомпонентных твердых тел, спектроскопия Резефордовского обратного рассеяния
8. Особенности экспериментального определения средних толщин островковых покрытий
9. Решение граничной задач для отражения легких ионов от слоисто неоднородных однокомпонентных твердых тел, спектроскопия Резефордовского обратного рассеяния
10. Спектроскопия Характеристических Потерь Энергии, определение аллотропных разновидностей углерода
11. Определение распределений фотоэлектронов по длине пробега в исследуемом образце. Решение граничной задачи с внутренними источниками
12. Модификация поверхности методами ионной имплантации и ионного перемешивания
13. Особенности отражения электронов и легких ионов от слоисто-неоднородных твердых тел
14. Модификация поверхности методами электронного и лазерного зондирования
15. Формирование фона неупругих потерь энергии в Рентгеновской Фотоэлектронной Спектроскопии, парадокс Тугарда
16. Влияние ионной дозы на процесс модификации поверхностей конструкционных материалов
17. Отражение электронов от слоисто-неоднородных поверхностей, методики расшифровки энергетических спектров для определения послойного состава
18. Распыление поверхностей твердых тел, формирование измененного состава поверхности
19. Явление «химического сдвига» в спектрах рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, примеры

20.Измерение послойных профилей водорода методами Электронной Спектроскопии

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Как с ростом температуры меняется удельное электросопротивление в полупроводниках?

Ответы:

возрастает

уменьшается

не меняется

Верный ответ: уменьшается

2.Какова ширина запрещенной зоны графена?

Ответы:

0

1,56 эВ

1,11 эВ

80 мэВ

Верный ответ: 0

3.В каком направлении углеродные нанотрубки показывают выдающиеся значения коэффициента теплопроводности?

Ответы:

вдоль оси трубки

поперек оси трубки

Верный ответ: вдоль оси трубки

4.Какое соотношение для металлов описывает закон Видемана-Франца?

Ответы:

отношение коэффициента теплопроводности к удельной электрической проводимости пропорционально температуре

отношение коэффициента теплопроводности к удельной электрической проводимости обратно пропорционально температуре

коэффициент теплопроводности прямо пропорционален удельной электрической проводимости

Верный ответ: отношение коэффициента теплопроводности к удельной электрической проводимости пропорционально температуре

5.Как называется многокомпонентный материал, содержащий частицы, хотя бы один размер которых меньше 100 нм?

Ответы:

наноматериал

нанокompозит

нанообъект

Верный ответ: нанокompозит

6.Какое вещество применяется для анализа пористости мезоскопических материалов?

Ответы:

вода

ртуть

аргон

Верный ответ: ртуть

7.Эллипсометрия - это ...

Ответы:

методика определения эллиптических траекторий

поляризационно-оптический метод исследования поверхностей и границ раздела различных сред

экспериментальный метод анализа электронных орбиталей

Верный ответ: поляризационно-оптический метод исследования поверхностей и границ раздела различных сред

8. Какое явление положено в основу метода оптической профилометрии?

Ответы:

интерференция

дисперсия

поглощение

Верный ответ: интерференция электромагнитных волн

9. Какой компонент необходим для создания функционирующих магнитных жидкостей?

Ответы:

ПАВ

ПВА

PVP

Верный ответ: ПАВ

10. С какой целью магнитные диагностические наночастицы перед введением в организм помещают в биоинертную оболочку?

Ответы:

улучшение магнитных характеристик

снижение токсичного воздействия наночастиц на организм

проверка воздействия биоинертной оболочки на организм

Верный ответ: снижение токсичного воздействия на организм

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент