

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Кузько Андрей Евгеньевич
Должность: Заведующий кафедрой
Дата подписания: 29.08.2022 20:15:46
Уникальный программный ключ:
72581f52caba063db3331b3cc54ec107395c8caf

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой
нанотехнологий, микроэлектроники,
общей и прикладной физики

(наименование кафедры полностью)

 А.Е. Кузько

(подпись)

« 16 » 02 2022 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
для текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации обучающихся
по дисциплине

Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем
(наименование дисциплины)

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(код и наименование ОПОП ВО)

1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

1.1 ВОПРОСЫ ДЛЯ УСТНОГО ОПРОСА

1. Основы применения масс-спектрометрических методов исследования.

1. Методы ионизации (электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация).
2. Сечение ионизации. Потенциалы появления ионов.
3. Вертикальные и адиабатические электронные переходы.
4. Диссоциативная ионизация.
5. Фокусирующее действие однородного поперечного магнитного поля.
6. Двойная фокусировка.
7. Разрешающая сила масс-спектрометра.
8. Молекулярное течение газа.
9. Основные типы масс-спектрометров: времяпролетный, квадрупольный масс-спектрометр, спектрометр ион-циклотронного резонанса.
10. Идентификация веществ.

2. Методы масс-спектрометрии в получении и диагностике наночастиц

1. Применение масс-спектрометров в нанодиагностике.
2. Получение наночастиц и определение их параметров масс-спектрометрическими методами в эффузионной ячейке Кнудсена, сверхзвуковом сопле, в методах газовой агрегации, лазерного испарения.
3. Связь ионного тока с парциальным давлением пара в ячейке Кнудсена.
4. Определение парциальных давлений компонентов газовых наночастиц.
5. Таблицы масс-спектров.
6. Идентификация веществ.

3. Методы сканирующей туннельной микроскопии

1. Описание процессов рассеяния.
2. Общие элементы СЗМ.
3. Зонды для СЗМ.
4. Пьезокерамические сканеры (трипод, биморфный пьезоэлемент).
5. Физические основы СТМ. Уровень Ферми.
6. Туннелирование электрона через потенциальный барьер.
7. Туннельный ток.
8. Аппаратура для СТМ.
9. Общая схема СТМ.
10. Измерительные методики СТМ.
11. Режимы работы СТМ: постоянного тока, постоянной высоты.
12. Схема работы цепи обратной связи в различных режимах работы СТМ.
13. Спектроскопические методы исследования ВАХ контакта зонд-образец (металл, полупроводник, сверхпроводник)

4. Методы атомно-силовой микроскопии

1. Конструкции и виды электронных пушек.
2. Физические основы АСМ.
3. Взаимодействие зонда с поверхностью.

4. Классификация взаимодействий.
5. Силы Ван-дер-Ваальса.
6. Потенциал Леннарда-Джонса.
7. Капиллярные силы.
8. Преимущества перед СТМ.
9. Дальнодействующие силы.
10. Аппаратура для АСМ.
11. Общая схема АСМ.
12. Зонды АСМ.
13. Оптическая система регистрации перемещений зонда.
14. Система обратной связи.

5. Измерительные методики АСМ

1. Детектор Эверхарта-Торнли.
2. Контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы АСМ.
3. Влияние формы и размеров зонда на получаемое изображение.
4. Предельное разрешение АСМ: латеральное и вертикальное.
5. Детектирование отдельных атомов и наночастиц с помощью АСМ.
6. Изучение электрофизических и магнитных свойств поверхности.
7. Характеристики проводящих кантилеверов.
8. Магнитно-, электросиловая, емкостная, Кельвин-микроскопия.
9. Метрологическое обеспечение АСМ.

6. Общие элементы электронно-оптических приборов

1. Области применения РЭМ.
2. Конструкции и виды электронных пушек.
3. Сравнение характеристик различных видов катодов для электронных пушек.
4. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность).
5. Роль цилиндра Венельта.
6. Кроссовер.
7. Диаметр электронного зонда в кроссовере.
8. Напряжение смещения в стабилизации и изменении электронного тока.
9. Электромагнитные линзы.
10. Аберрации электромагнитных линз (сферическая, хроматическая, дифракционная).
11. Вакуумная система

7. Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии

1. Области применения ПЭМ.
2. Области применения. Преимущества и недостатки.
3. Основные характеристики. Основные узлы ПЭМ.
4. Механизмы формирования изображения. Режим изображения и режим дифракции.
5. Виды контраста просвечивающей и растровой электронной микроскопии.
6. Калибровка электронных микроскопов и измерение линейных размеров.
7. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов.
8. Примеры исследований методами высокого разрешения.
9. Основы методов электронной дифракции.

10. Приготовление образцов для ПЭМ.

8. Электронно-зондовый рентгеновский микро-анализ и рентгеновские методы исследования

1. Области применения ПЭМ.
2. Принципы работы и устройство энергодисперсионного микро-спектрометра.
3. Характеристическое рентгеновское излучение и Оже-электроны.
4. Уточнённый закон Мозли.
5. Понятие "мёртвого времени" в работе энергодисперсионного детектора.
6. Работа в программе Aztec (Inka) по элементному анализу.
7. Устройство и принцип действия рентгеновского дифрактометра и волнового спектрометра.
8. Катодолюминесценция.
9. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов.

Шкала оценивания: 5 балльная.

Критерии оценивания:

5 баллов (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если он демонстрирует глубокое знание содержания вопроса; дает точные определения основных понятий; аргументированно и логически стройно излагает учебный материал; иллюстрирует свой ответ актуальными примерами (типовыми и нестандартными), в том числе самостоятельно найденными; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

4 балла (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если он владеет содержанием вопроса, но допускает некоторые недочеты при ответе; допускает незначительные неточности при определении основных понятий; недостаточно аргументированно и (или) логически стройно излагает учебный материал; иллюстрирует свой ответ типовыми примерами.

3 балла (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он освоил основные положения контролируемой темы, но недостаточно четко дает определение основных понятий и дефиниций; затрудняется при ответах на дополнительные вопросы; приводит недостаточное количество примеров для иллюстрирования своего ответа; нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

2 балла (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он не владеет содержанием вопроса или допускает грубые ошибки; затрудняется дать основные определения; не может привести или приводит неправильные примеры; не отвечает на уточняющие и (или) дополнительные вопросы преподавателя или допускает при ответе на них грубые ошибки.

1.2 ВОПРОСЫ К КОЛЛОКВИУМАМ.

Коллоквиум №1.

«Масс-спектрометрические методы в нанодиагностике»

1. Классификация физических методов. (Прямая и обратная задачи. Требование корректности поставленных задач).

2. Общая характеристика физ. методов: спектроскопических и дифракционных. (Основы рентгенографии, электронографии, нейтронографии).
3. Характеристическое время метода. В чем заключается интеграция методов?
4. Сущность масс-спектромерии. Основные части масс-спектрометров и их назначение.
5. Ионизация. (Четыре возможных исхода ионизации). Диссоциативная ионизация. Типы ионов, возникающих при ионизации.
6. Ионизация электронным ударом. Условие ионизации. Молекулярное течение газа. Ионный ток и сечение ионизации. Кривые эффективности ионизации и их анализ.
7. Схема ионного источника при ионизации электронным ударом. Фотоионизация, ионизация электрическим полем и термическая ионизация. Преимущества фотоионизации.
8. Принцип работы магнитного масс-спектрометра Демпстера. Как регистрируют масс-спектры и как записывают результаты масс-спектромерии?
9. Расчет диффузионных пиков масс-спектра.
10. Характеристика масс-спектрометров. (Фокусировка по направлению, двойная фокусировка, разрешающая сила, чувствительность). Их недостатки.
11. Принцип работы динамических масс-спектрометров (времяпролетного, квадрупольного) и спектрометра ион-циклотронного резонанса.
12. Идентификация и установление строения веществ по масс-спектрам. Таблицы массовых чисел. Соотношения изотопов.
13. Потенциалы появления ионов. Определение ПП, ПИ, и Д по масс-спектрам (без диссоциативной ионизации и с ней). Метод экстраполяции линейных участков кривой эффективности ионизации. Адиабатический и вертикальный потенциалы ионизации.
14. Расшифровка масс-спектра веществ в виде смеси мономеров и димеров.
15. Метод распределения ионов по скоростям. Определение парциального давления паров веществ (в масс-спектромерии).
16. Определение константы равновесия реакции и теплоты химической реакции в масс-спектромерии.
17. Эффузионная ячейка Кнудсена. Определение парциального давления методом полного изотермического испарения.
18. Использование сверхзвукового сопла для получения нанокластеров.
19. Получение наночастиц и определение их параметров масс-спектрометрическими методами в эффузионной ячейке Кнудсена, сверхзвуковом сопле, в методах газовой агрегации, лазерного испарения.

Коллоквиум № 2

«Зондовые методы в нанодиагностике»

1. Что такое уровень Ферми в металле? Нарисуйте зонную диаграмму туннельного контакта металл-металл при наличии напряжения смещения. Какие электроны на этой диаграмме вносят преимущественный вклад в ток?
2. Опишите основные методы изготовления СТМ-зондов и их параметры.
3. Требуется ли для проведения СТМ-исследований определенная степень вакуума? Если да, то какая? Если нет, то почему?
4. Опишите работу цепи обратной связи в СТМ. Что такое пропорциональная, интегральная и дифференциальная компоненты системы ОС? Как можно схемотехнически реализовать интегральную и дифференциальную компоненты?
5. Сравните методы исследования топографии поверхности методом СТМ при постоянной высоте и постоянном токе.
6. Как реализуются измерения плотности электронных состояний и локальной работы выхода в СТМ? Можно ли строго определить локальную работу выхода и плотность

- состояний в данной точке? Или же СТМ позволяет только рассмотреть контраст этих величин по поверхности образца?
7. Перечислите известные Вам силы взаимодействия зонд-образец и укажите их зависимость от расстояния. Нарисуйте типичную кривую подвода-отвода и расскажите, каким силам какой участок отвечает.
 8. Расскажите об устройстве зонда АСМ и назовите типичные геометрические размеры его элементов. Как производятся зонды АСМ?
 9. Что такое ползучесть, гистерезис и нелинейность пьезокерамики? К каким артефактам на АСМ-изображениях они приводят?
 10. Расскажите об устройстве емкостного датчика. Как с его помощью производится измерение высот? Какова его предельная чувствительность?
 11. Как происходит детектирование изгибов зонда в АСМ? Представив световое пятно на фотодетекторе круглым, нарисуйте зависимость сигнала DFL от вертикального изгиба зонда.
 12. Расскажите о контактных методиках АСМ и артефактах, свойственных им. Что такое эффект уширения профиля и эффект занижения высот?
 13. Какова природа контактной емкости зонд-образец? Расскажите о методиках емкостной и Кельвин-микроскопии. Как в Кельвин-эксперименте определить абсолютное значение работы выхода, а не разность работ выхода зонда и образца?
 14. Из каких частей складывается контактное сопротивление? Почему в методе измерения сопротивления растекания (spreading resistance) считается, что измеряется локальное сопротивление, хотя ток растекается по всему образцу.
 15. Как конечный размер зонда АСМ влияет на искажение АСМ-изображений? Нарисуйте профиль сигнала DFL при сканировании прямоугольной ступеньки коническим зондом.
 16. Что такое разрешающая способность АСМ? Свяжите единой формулой разрешающую способность по вертикали и по горизонтали, дайте пояснительный чертеж.
 17. Как с помощью меры МШПС 2.0 К производится калибровка АСМ по трем направлениям? Что такое неортогональность Z-сканера и как она калибруется с помощью данной меры.
 18. Расскажите о принципе работы СБОМ. Что такое эванесцентные моды излучения? Какую роль они играют в формировании СБОМ-изображения?
 19. Какие свойства образцов можно исследовать методами СБОМ? Какие из них нельзя исследовать методами АСМ? Возможно ли совмещение СОМ и АСМ в одном исследовательском приборе?
 20. Каковы типичные расстояния зонд-образец при получении ближнеполюсных оптических изображений? Как их поддерживать постоянными?
 21. Каково предельное разрешение СБОМ?
 22. Расскажите об измерительных методиках СБОМ.

Коллоквиум № 3

«Оптические, электронно-оптические и рентгеновские методы в нанодиагностике»

1. Какие условия должны соблюдаться, чтобы колебание проявилось в ИК-спектре поглощения?
2. Что такое нормальные колебания в молекуле?
3. Может ли отличаться число полос поглощения в ИК-спектре и число нормальных колебаний? Поясните ответ.
4. Что такое характеристические колебания в ИК-спектроскопии?
5. Перечислите преимущества ИК-Фурье спектроскопии, кратко их опишите.
6. Что такое комбинационное рассеяние света?

7. Почему комбинационное рассеяние может быть использовано для изучения структуры вещества?
8. С чем связано появление стоксовой и антистоксовой гармоник?
9. Как соотносятся интенсивности стоксовой и антистоксовой гармоник, с чем связана температурная зависимость этого отношения?
11. Спектры комбинационного рассеяния. Энергетические переходы при релеевском, стоксовом и антистоксовом рассеянии. Отличие механизмов возникновения ИК-спектров и КР-спектров.
13. Схема установки КР-спектроскопии. Получение КР-спектров для газообразных, жидких и твёрдых веществ.
14. В чем преимущества и недостатки различных типов источников электронов?
15. Как происходит управление током электронного пучка?
16. Что такое aberrации электронно-оптической системы и как можно с ними бороться?
17. Конструкции и виды электронных пушек.
18. Сравнение характеристик различных видов катодов для электронных пушек.
19. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность).
20. Схема электронной пушки с термоэмиссионным катодом.
21. Роль цилиндра Венельта. Кроссовер. Диаметр электронного зонда в кроссовере.
22. Напряжение смещения в стабилизации и изменении электронного тока.
23. Что такое «постоянная прибора» для ПЭМ? Для чего применяется эта характеристика?
24. Назовите основные методы пробоподготовки образцов для исследования с помощью просвечивающего электронного микроскопа. Сравните область применения этих методов.
25. Какова область применения растровой электронной микроскопии?
26. От чего зависит диаметр зонда РЭМ?
27. От чего зависит разрешение РЭМ?
28. В чем преимущество и недостатки иммерсионной объективной линзы РЭМ?
29. Каковы причины расхождения между истинными размерами изучаемого объекта и размерами, получаемыми с помощью РЭМ?
30. Какие тест-объекты подходят для калибровки РЭМ?
31. Как можно установить критерии определения границ объекта при исследовании методом растровой электронной микроскопии?
32. Какова информативность картин дифракции обратнорассеянных электронов?
33. Какова информативность энергетического спектра оже-электронов?
34. Какова информативность характеристического рентгеновского излучения?
35. Сравните преимущества и недостатки волнового и энергодисперсионного детекторов рентгеновского излучения.
36. Какова информативность спектров катодолуминисценции?
37. Рентгеновский анализ. Получение рентгеновского излучения (рентгеновская трубка) и его состав (тормозное и характеристическое излучение). Уточнённый закон Мозли.
38. Поглощение (резонансные К-, L- .. поглощение) и дифракция рентгеновских лучей (условие дифракции, уравнение Вульфа-Бреггов). Семейства атомных плоскостей, индексы Миллера.
39. Методы Лауэ и Дебая-Шерра (метода порошка) в рентгеноструктурном анализе.
40. Особенности методов вращения, Вайссенберга и рентгенофазного анализа.
41. Какова типичная конструкция электронной пушки? Как происходит управление уровнем электронной эмиссии?
42. Какие процессы происходят при облучении вещества рентгеновским излучением?

43. Опишите типичный спектр рентгеновской трубки и объясните появление каждой составляющей в нем.
44. С чем связано появление максимумов и минимумов на дифракционной картине?
45. Расскажите схему возникновения рентгеновской флуоресценции.
46. Является ли наличие в образце периодической структуры необходимым условием для наблюдения дифракции РИ?

Шкала оценивания: 5 балльная.

Критерии оценивания

5 баллов (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если он принимает активное участие в беседе по большинству обсуждаемых вопросов (в том числе самых сложных); демонстрирует сформированную способность к диалогическому мышлению, проявляет уважение и интерес к иным мнениям; владеет глубокими (в том числе дополнительными) знаниями по существу обсуждаемых вопросов, ораторскими способностями и правилами ведения полемики; строит логичные, аргументированные, точные и лаконичные высказывания, сопровождаемые яркими примерами; легко и заинтересованно откликается на неожиданные ракурсы беседы; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

4 балла (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если он принимает участие в обсуждении не менее 50% дискуссионных вопросов; проявляет уважение и интерес к иным мнениям, доказательно и корректно защищает свое мнение; владеет хорошими знаниями вопросов, в обсуждении которых принимает участие; умеет не столько вести полемику, сколько участвовать в ней; строит логичные, аргументированные высказывания, сопровождаемые подходящими примерами; не всегда откликается на неожиданные ракурсы беседы; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

3 балла (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он принимает участие в беседе по одному-двум наиболее простым обсуждаемым вопросам; корректно выслушивает иные мнения; неуверенно ориентируется в содержании обсуждаемых вопросов, порой допуская ошибки; в полемике предпочитает занимать позицию заинтересованного слушателя; строит краткие, но в целом логичные высказывания, сопровождаемые наиболее очевидными примерами; теряется при возникновении неожиданных ракурсов беседы и в этом случае нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

2 балла (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он не владеет содержанием обсуждаемых вопросов или допускает грубые ошибки; пассивен в обмене мнениями или вообще не участвует в дискуссии; затрудняется в построении монологического высказывания и (или) допускает ошибочные высказывания; постоянно нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

1.3 ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторная работа №1:

1. Перечислите и охарактеризуйте особенности основных методов получения наночастиц в газовой фазе (Кнудсена, газовой агрегации, лазерной абляции, сверхзвукового сопла)
2. Принцип работы эффузионной ячейки Кнудсена, её недостатки в получении наночастиц.
3. Определение парциального давления методом полного изотермического испарения.
4. Как работает последовательная эффузионная ячейка?
5. В чём состоит условие молекулярности пучка.
6. Что такое константа равновесия реакции?

7. В чём заключается смысл теории тройных столкновений?
8. Перечислите последовательность действий в расшифровке масс-спектра из смеси димеров и мономеров.
9. Попытайтесь расшифровать случай спектра, где присутствуют и тримеры.

Лабораторная работа №2:

1. Перечислите основные этапы подготовки твёрдых образцов для АСМ.
2. Изложите методику работы на станке шлифовально-полировальном станке "Buehler Vector LC".
3. В чём заключаются контактный и полуконтактный методы сканирования на АСМ.
4. Сущность работы конфокальной видеокамеры.
5. Физические принципы работы АСМ. Требования к кантилеверу.
6. Перечислите возможности программы Gwyddion 2.9 в обработке АСМ-изображений поверхностей образцов.
7. Из чего и как изготавливают кантилеверы для атомно-силовой микроскопии? Сканирующей туннельной микроскопии?
8. Почему возможно высокое разрешение по вертикали для СТМ и АСМ?
9. Расскажите о функциях системы обратной связи при режимах постоянной высоты и топографическом.

Лабораторная работа №3:

1. Углеродные нанотрубки как новая аллотропная форма углерода. Расскажите об основных свойствах углеродных нанотрубок.
2. Расскажите из каких систем и блоков состоит зондовая нанолаборатория SmartSPM.
3. Назовите особенности работы прибора в полуконтактном режиме.
4. Как осуществляется подвод зонда АСМ к образцу?
5. Какую информацию для системы обратной связи и построения изображения несут сигналы DFL, FL, MAG, Pphase, Laser?
6. Какие артефакты могут появляться на изображении АСМ и как их уменьшить или избежать?
7. Что такое термодрейф? Как его уменьшить?
8. Какие элементы теории автоматического регулирования используются в системах обратной связи АСМ?
9. Для чего используются ёмкостные датчики перемещения в сканере АСМ?

Лабораторная работа №4:

1. В чём заключается метод контактного СЗМ?
2. Опишите методику установки образца?
3. Преимущества и недостатки контактного метода перед другими?
4. Из каких систем и блоков состоит зондовая нанолаборатория SmartSPM?
5. Какие недостатки имеет пьезокерамика, как они проявляются?
6. Как осуществляется подвод зонда АСМ к образцу?
7. Для чего необходим вибродрайвер кантилевера?
8. Какую информацию для системы обратной связи и построения изображения несут сигналы DFL, FL, MAG, Pphase, Laser?
9. Что собой представляет формула Стоуни?
10. За что отвечает интегральная компонента в системе обратной связи АСМ?

Лабораторная работа №5:

1. Изложите методику работы на станке шлифовально-полировальном станке "Buehler Vector LC".
2. Чем отличаются по характеристикам выпускаемые промышленные кантилеверы?

3. В чём заключаются бесконтактный метод сканирования на АСМ?
4. Какие сигналы поступающие в систему обратной связи могут использоваться для построения изображений?
5. Опишите особенности МСМ, ЭСМ.
6. Физические принципы работы АСМ. Требования к кантилеверу.
7. Перечислите возможности программы Gwyddion 2.9 в обработке АСМ-изображений поверхностей образцов.

Лабораторная работа №6:

1. Перечислите основные режимы работы на АСМ.
2. Изложите методику метрологической проверки масштабов по осям X, Y, Z.
3. В чём заключаются контактный и полуконтактный методы сканирования на АСМ.
4. Для чего предназначен RAP-файл?
5. Физические принципы работы АСМ. Требования к кантилеверу.
6. Перечислите возможности программы Gwyddion 2.9 в обработке АСМ-изображений поверхностей образцов.
7. Как связаны между собой локальное разрешение и вертикальное разрешение при исследовании поверхности на АСМ?
8. Какой сигнал выступает в роли сигнала изображения при сканировании в режиме постоянной силы? В режиме постоянной высоты?
9. Какую компоненту (пропорциональную, интегральную, дифференциальную) нужно уменьшать при самовозбуждении системы обратной связи на высокой частоте?
10. В чем недостаток ёмкостных датчиков перемещения сканера?

Лабораторная работа №7:

1. Из каких основных элементов состоит растровый электронный микроскоп?
2. Что представляют собой магнитные линзы микроскопа?
3. Как работает вакуумная система микроскопа?
4. На что следует обратить внимание при подготовке прибора к работе.
5. Перечислите последовательность операций по юстировке микроскопа.
6. Где расположены основные элементы управления микроскопом?
7. Как влияет величина применяемого ускоряющего напряжения на разрешающую способность электронного микроскопа?
8. Чем определяется разрешение электронного микроскопа?
9. Что понимают под понятием диаметра электронного зонда?
10. Как определяется глубина изображения в РЭМ?

Лабораторная работа №8:

1. Что такое спейсер?
2. Каков размер частиц у абразивной пасты для чистки электрода Венельта?
3. Какие этапы разборки катодного узла РЭМ?
4. Почему при использовании нового катода необходимо устанавливать накал катода на половину от допустимого значения накала?
5. Что такое астигматизм?
6. Как производится текущая настройка электронной колонны и при смене катода?
7. Как зависит размер точки от тока в конденсорной линзе?
8. Как производится сервисное обслуживание катодного узла электронного микроскопа?

Лабораторная работа №9:

1. Схема регистрации рентгеновского излучения в СЭМ.
2. Спектр рентгеновского излучения.

3. Зависимость интенсивности всех характеристических линий от энергии электронов, возбуждающего пучка.
4. Зависимость «мертвого времени» и соотношения сигнал/шум от параметров электронного пучка.
5. Интерпретация всех наблюдаемых в спектре линий и элементный состав образца.
6. Что такое "мёртвое время" и "фактор биннинга"?
7. Запишите уточнённый закон Мозли и объясните основы его применения в элементном анализе на ЭДС.
8. Каким образом настраивается сигнал от характеристических квантов рентгеновского излучения при ЭДС анализе?
9. Как производится элементный анализ со всей сканируемой поверхности образца и выделенного участка, или точки?
10. Как устроен энергодисперсионный спектрометр?

Лабораторная работа №10:

1. Какие условия работы полупроводникового датчика ЭДС необходимы для его эффективной работы?
2. Как производится элементный анализ со всей сканируемой поверхности образца и выделенного участка лазерного диода?
3. Что такое коллиматор и для чего он нужен?
4. Укажите материал подложки материал контакта (провода) излучающей части лазерного диода
5. Какие режимы элементного анализа использовались в лабораторной работе по исследованию лазерного диода?
6. По какой технологии сделан вейфер лазерных диодов?
7. Схема регистрации рентгеновского излучения в СЭМ.
8. Зависимость интенсивности всех характеристических линий от энергии электронов, возбуждающего пучка.
9. Интерпретация всех наблюдаемых в спектре линий и элементный состав образца.
10. Что такое "мёртвое время" и "фактор биннинга"?
11. Каким образом настраивается сигнал от характеристических квантов рентгеновского излучения при ЭДС анализе?

Лабораторная работа №11:

1. Сформулируйте закон Вульфа- Брэгга для дифракции рентгеновских лучей на кристалле.
3. Приведите доказательство эквивалентности формулировок Вульфа- Брэгга и Лауэ для конструктивной интерференции рентгеновских лучей.
2. Сформулируйте определение брегговской плоскости.
3. Что является источником рентгеновского излучения? Расскажите об устройстве рентгеновской трубки. Из какого материала сделан ее анод (антикатод)?
4. Из чего состоит, и как работает рентгеновский дифрактометр?
5. Как с помощью рентгеновского дифрактометра провести фазовый анализ порошка?
6. Перечислите последовательность действий при подготовке дифрактометра к работе.
7. Какова длина волны рентгеновского излучения используемого в дифрактометре? (1.54056 Å)
8. На что следует обратить внимание при подготовке пробы к анализу?
9. Что такое текстурирование, и каким способом можно устранить текстуру? (Не уплотнять порошок при заполнении кюветы и использовать столик с приводов вращения).

Лабораторная работа №12:

1. Основной принцип метода МУРР.
2. Перечислить объекты, которые можно изучать с помощью МУРР.
3. Классическое рассмотрение дифракции, условие Вульфа-Брэгга.
4. Описать постановку задачи о дифракции на двух рассеивающих центрах.
5. Что подразумевается под разностью хода лучей и фазовым сдвигом?
6. Суперпозиция амплитуд рассеяния и Фурье-преобразование.
7. Связь интенсивности рассеяния и автокорреляционной функции как способ определения внутренней структуры объекта исследования.
8. Виды современных установок МУРР
9. Общая схема малоуглового дифракционного эксперимента.

1.4 ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО МЕТОДЫ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ

К теме «Зондовые методы исследования в нанодиагностике»:

1. Зависимость туннельного тока СТМ от расстояния зонд-образец
 - А. Линейная Б. Квадратичная В. Экспоненциально растущая Г. Экспоненциально убывающая
2. При отдалении вольфрамового зонда на 1 А от поверхности туннельный ток
 - А. Падает на порядок Б. Падает в 1,5 – 2 раза В. Остается почти неизменным Г. Возрастает в 1,5 – 2 раза
3. Обратный пьезоэлектрический эффект - это
 - А. Возникновение электрического поля при деформации пьезоэлектрика
 - Б. Возникновение деформации, пьезоэлектрика при приложении электрического поля
 - В. Возникновение деформации при нагреве пьезоэлектрика
 - Г. Возникновение деформации пьезоэлектрика при протекании по нему тока
4. К сканеру сканирующего туннельного микроскопа не предъявляется требования
 - А. Отсутствия дрейфов Б. Термической стабильности позиционирования
 - В. Хорошей проводимости Г. Высокого быстродействия
5. Основным достоинством токового режима СТМ является
 - А. Высокое быстродействие Б. Возможность исследования образцов с большими перепадами высот В. Невысокие требования к зонду Г. Возможность исследования слабопроводящих материалов
6. При измерении локальной работы выхода модуляции подвергается
 - А. Положение зонда по вертикали Б. Частота колебаний зонда
 - В. Коэффициент обратной связи Г. Напряжение зонд-образец
7. При измерении поверхностной плотности состояний модуляции подвергается
 - А. Положение зонда по вертикали Б. Частота колебаний зонда
 - В. Коэффициент обратной связи Г. Напряжение зонд-образец
8. К недостаткам СТМ относят
 - А. Высокую стоимость оборудования Б. Невысокое латеральное разрешение
 - В. Невысокое разрешение по вертикали Г. Невозможность исследования диэлектриков

9. Согласно решению задачи Герца, связь между прижимающей силой F и деформацией h имеет вид
А. $F \sim h^{3/2}$ Б. $F \sim h^{1/2}$
В. $F \sim 1/h$ Г. $F \sim h$
10. Наибольшее контактное давление возникает при исследовании кремниевым зондом образца из
А. Вольфрама Б. Кварца
В. Кремния Г. Алмаза
11. Как меняется кривая подвода-отвода при наличии (учете) капиллярных сил
А. Наклон линейного участка увеличивается
Б. Наклон линейного участка уменьшается
В. Появляется скругленный провал перед участком упругой деформации
Г. Появляется скругленный выступ перед участком упругой деформации
12. Сила Ван-дер-Ваальсова взаимодействия обратно пропорциональна расстоянию зонд-образец для зондов
А. Пирамидальных Б. Параболических
В. Сферических и параболических Г. Пирамидальных и конических
13. Для расчета адгезии сильноадгезивных систем используется модель
А. DMT Б. JKR
В. Герца Г. Твердых шаров
14. Типичный радиус закругления коммерческого зонда АСМ составляет
А. 100 нм Б. 10 нм
В. 1 нм Г. На конце зонда находится 1 атом
15. При настройке фотоприемника АСМ максимизации подвергается сигнал
А. LF Б. DFL
В. LASER Г. Ни один из перечисленных
16. Неоднозначная зависимость удлинения пьезосканера от направления изменения электрического напряжения называется
А. Крипом Б. Гистерезисом
В. Дребезгом пьезокремики Г. Обратным пьезоэффектом
17. Интегральная компонента системы ОС в АСМ отвечает за
А. Отработку крупных деталей рельефа Б. Отработку мелких деталей рельефа
В. Прописывание рельефа глубоких впадин Г. Ни за одну из названных задач
18. Как при известном коэффициенте упругости кантилевера k , измерив зависимость $DFL(Z)$, можно пересчитать силу из условных единиц DFL (ток фотодетектора) в ньютоны?
А. $F = k \beta / DFL$ Б. $F = \beta DFL / k$
В. $F = k DFL / \beta$ Г. $F = k DFL$
19. Зависимость латерального разрешения АСМ от разрешения по вертикали
А. Линейная Б. Корневая
В. Обратно пропорциональная Г. Обратная корневая

20. Предельное увеличение АСМ составляет
А. 105 Б. 108
В. 1010 Г. Понятие увеличения для СМ не вполне корректно
21. При исследовании поверхности в полуконтактном режиме колебания зонда вызываются
А. Пьезосканером Б. Пьезодрайвером
В. Емкостным датчиком Г. Внешним генератором
22. Сигнал MAG – это сигнал
А. соответствующий амплитуде переменной составляющей сигнала DFL на частоте модуляции.
Б. соответствующий амплитуде переменной составляющей сигнала LASER на частоте модуляции.
В. соответствующий постоянной составляющей сигнала DFL
Г. соответствующий постоянной составляющей сигнала LASER
23. Резонансная частота колебаний кантилевера при приближении последнего к поверхности
А. Смещается влево по оси частот Б. Смещается вправо по оси частот
В. Остается неизменной Г. Испытывает осцилляции
24. При измерении локальной работы выхода методом зонда Кельвина минимизации с помощью изменения напряжения смещения подлежит
А. Сигнал MAG Б. Ток в системе зонд-образец
В. Амплитуда сигнала на резонансной частоте
Г. Амплитуда сигнала на частоте, вдвое большей резонансной
25. Для калибровки АСМ по трем осям с помощью меры МШПС 2.0 К необходимо и достаточно знать
А. Проекцию наклонной стенки Б. Длину верхнего основания трапеции
В. Проекцию наклонной стенки и угол ее наклона
Г. Длину верхнего и нижнего оснований трапеции
26. Точность калибровки АСМ с помощью решетки TGZ в латеральном направлении имеет порядок
А. 1 нм Б. 10 нм
В. 100 нм Г. 1 мкм
27. Измеренный атомно-силовым микроскопом диаметр углеродной нанотрубки оказывается
А. Меньше реального Б. Больше реального
В. Равен реальному Г. Соотношение существенно зависит от типа зонда.

К теме «Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования»:

1. Согласно формуле Бете, скорость потери энергии электроном в твердом теле зависит от атомного номера вещества-мишени
А. Линейно Б. Квадратично
В. Обратно пропорционально Г. Логарифмически

2. Почему возможность достижения коэффициента вторичной эмиссии, большего единицы, имеет большую практическую значимость?
- А. При этом велико отношение сигнал-шум Б. Изображения при этом имеют очень хорошую яркость
- В. Изображения при этом имеют очень Г. Возможно компенсировать эффект хорошую контрастность зарядки образцов
3. Сумма вероятностей оже-процесса и испускания характеристического рентгеновского кванта как функция атомного номера мишени есть
- А. Линейная функция Б. Периодическая (синусоидальная) функция В. Константа Г. Логарифмическая функция
4. Зависимость линейного размера кроссовера от температуры катода
- А. Линейная Б. Корневая
- В. Квадратичная Г. Экспоненциальная
5. Требуемое давление в камере РЭМ при использовании автоэмиссионных катодов составляет
- А. 10^{-5} - 10^{-6} торр Б. 10^{-1} - 10^{-2} торр
- В. 10^{-9} - 10^{-11} торр Г. 10^{-12} - 10^{-13} торр
6. Для систем с автоэмиссионными катодами основным препятствием для получения высокого разрешения является
- А. Сферическая абберация Б. Хроматическая абберация
- В. Дифракция электронов Г. Размер кроссовера электронной пушки
7. Принцип работы детектора вторичных электронов заключается в
- А. Непосредственном измерении тока пучка Б. Регистрации и фотоумножении вспышек, вторичных электронов вызванных вторичными электронами на сцинтилляторе
- В. Регистрации тока электрон-дырочных Г. Регистрации нагрева датчика, пар, возникающих при бомбардировке вызываемого электронной бомбардировкой поверхности полупроводника электронами
8. Какова зависимость отношения сигнал-шум в растровом электронном микроскопе от времени сканирования?
- А. Линейная Б. Квадратичная
- В. Корневая Г. Обратная корневая
9. При увеличении в 10 000 раз глубина фокуса РЭМ имеет порядок
- А. 1 см Б. 1 мм
- В. 100 мкм Г. 10 мкм
10. Какие из паспортных параметров рельефной меры МШПС 2.0. К необходимо знать для калибровки РЭМ?
- А. Проекцию наклонной стенки и угол ее Б. Только проекцию наклонной стенки наклона к горизонтали
- В. Период структуры рельефной меры Г. Высоту верхнего основания и проекцию наклонной стенки

11. Эффект каналирования возникает из-за
 - А. Дифракции электронов на кристаллической решетке
 - В. Интерференции электронов на поверхностных дефектах изучаемого
 - Б. Интерференции электронов на внутренних дефектах изучаемого объекта
 - Г. Различия плотности упаковки атомов вдоль различных направлений объекта

12. Методом оже-спектроскопии можно детектировать элементы, начиная с
 - А. Водорода Б. Гелия
 - В. Лития Г. Бериллия

13. Для увеличения отношения сигнал-шум в энергодисперсионном детекторе рентгеновского излучения увеличили ток электронного пучка. Каких «побочных эффектов» при этом можно ожидать
 - А. Размывания пиков
 - Б. Появления ложных «двойных пиков»
 - В. Появления сателлитных пиков
 - Г. Всего вышеперечисленного

1.5 ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

К теме «Основы применения масс-спектрометрических методов исследования»

1. Общая характеристика физ. методов: спектроскопических и дифракционных. (Основы рентгенографии, электронографии, нейтронографии).
2. Характеристическое время метода. В чем заключается интеграция методов?
3. Сущность масс-спектрометрии. Основные части масс-спектрометров и их назначение.
4. Ионизация. (Четыре возможных исхода ионизации). Диссоциативная ионизация. Типы ионов, возникающих при ионизации.
5. Ионизация электронным ударом. Условие ионизации. Молекулярное течение газа. Ионный ток и сечение ионизации. Кривые эффективности ионизации и их анализ.
6. Характеристика масс-спектрометров. (Фокусировка по направлению, двойная фокусировка, разрешающая сила, чувствительность). Их недостатки.
7. Принцип работы динамических масс-спектрометров (времетраплетного, квадрупольного) и спектрометра ион-циклотронного резонанса.
8. Потенциалы появления ионов. Определение ПП, ПИ, и Д по масс-спектрам (без диссоциативной ионизации и с ней). Метод экстраполяции линейных участков кривой эффективности ионизации. Адиабатический и вертикальный потенциалы ионизации.
9. Использование сверхзвукового сопла для получения нанокластеров.
10. Получение наночастиц и определение их параметров масс-спектрометрическими методами в эффузионной ячейке Кнудсена, сверхзвуковом сопле, в методах газовой агрегации, лазерного испарения.

К теме «Методы сканирующей туннельной микроскопии»

1. Что такое уровень Ферми в металле? Нарисуйте зонную диаграмму туннельного контакта металл-металл при наличии напряжения смещения. Какие электроны на этой диаграмме вносят преимущественный вклад в ток?
2. Опишите основные методы изготовления СТМ-зондов и их параметры.

3. Требуется ли для проведения СТМ-исследований определенная степень вакуума? Если да, то какая? Если нет, то почему?
4. Опишите работу цепи обратной связи в СТМ. Что такое пропорциональная, интегральная и дифференциальная компоненты системы ОС? Как можно схемотехнически реализовать интегральную и дифференциальную компоненты?
5. Сравните методы исследования топографии поверхности методом СТМ при постоянной высоте и постоянном токе.
6. Как реализуются измерения плотности электронных состояний и локальной работы выхода в СТМ? Можно ли строго определить локальную работу выхода и плотность состояний в данной точке? Или же СТМ позволяет только рассмотреть контраст этих величин по поверхности образца?

К теме «Методы атомно-силовой микроскопии»

1. Перечислите известные Вам силы взаимодействия зонд-образец и укажите их зависимость от расстояния. Нарисуйте типичную кривую подвода-отвода и расскажите, каким силам какой участок отвечает.
2. Расскажите об устройстве зонда АСМ и назовите типичные геометрические размеры его элементов. Как производятся зонды АСМ?
3. Что такое ползучесть, гистерезис и нелинейность пьезокерамики? К каким артефактам на АСМ-изображениях они приводят?
4. Расскажите об устройстве емкостного датчика. Как с его помощью производится измерение высот? Какова его предельная чувствительность?
5. Как происходит детектирование изгибов зонда в АСМ? Представив световое пятно на фотодетекторе круглым, нарисуйте зависимость сигнала DFL от вертикального изгиба зонда.
6. Расскажите о контактных методиках АСМ и артефактах, свойственных им. Что такое эффект уширения профиля и эффект занижения высот?
7. Какова природа контактной емкости зонд-образец? Расскажите о методиках емкостной и Кельвин-микроскопии. Как в Кельвин-эксперименте определить абсолютное значение работы выхода, а не разность работ выхода зонда и образца?
8. Из каких частей складывается контактное сопротивление? Почему в методе измерения сопротивления растекания (spreading resistance) считается, что измеряется локальное сопротивление, хотя ток растекается по всему образцу.
9. Как конечный размер зонда АСМ влияет на искажение АСМ-изображений? Нарисуйте профиль сигнала DFL при сканировании прямоугольной ступеньки коническим зондом.
10. Что такое разрешающая способность АСМ? Свяжите единой формулой разрешающую способность по вертикали и по горизонтали, дайте пояснительный чертеж.
11. Как с помощью меры МШПС 2.0 К производится калибровка АСМ по трем направлениям? Что такое неортогональность Z-сканера и как она калибруется с помощью данной меры.

К теме «Общие элементы электронно-оптических приборов»

1. В чем преимущества и недостатки различных типов источников электронов?
2. Как происходит управление током электронного пучка?
3. Что такое aberrации электронно-оптической системы и как можно с ними бороться?
4. Конструкции и виды электронных пушек.
5. Сравнение характеристик различных видов катодов для электронных пушек.
6. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность).
7. Схема электронной пушки с термоэмиссионным катодом.
8. Роль цилиндра Венельта. Кроссовер. Диаметр электронного зонда в кроссовере.
9. Напряжение смещения в стабилизации и изменении электронного тока.
10. Какова информативность картин дифракции обратнорассеянных электронов?
11. Какова информативность энергетического спектра оже-электронов?
12. Какова информативность характеристического рентгеновского излучения?
13. Сравните преимущества и недостатки волнового и энергодисперсионного детекторов рентгеновского излучения.

К теме «Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии»

1. Какова область применения растровой электронной микроскопии?
2. От чего зависит диаметр зонда РЭМ?
3. От чего зависит разрешение РЭМ?
4. В чем преимущество и недостатки иммерсионной объектной линзы РЭМ?
5. Каковы причины расхождения между истинными размерами изучаемого объекта и размерами, получаемыми с помощью РЭМ?
6. Какие тест-объекты подходят для калибровки РЭМ?
7. Как можно установить критерии определения границ объекта при исследовании методом растровой электронной микроскопии?
8. Сравните преимущества и недостатки волнового и энергодисперсионного детекторов рентгеновского излучения.
9. Какова информативность спектров катодолюминисценции?
10. Рентгеновский анализ. Получение рентгеновского излучения (рентгеновская трубка) и его состав (тормозное и характеристическое излучение). Уточнённый закон Мозли.
11. Поглощение (резонансные K-, L- .. поглощение) и дифракция рентгеновских лучей (условие дифракции, уравнение Вульфа-Бреггов). Семейства атомных плоскостей, индексы Миллера.
12. Какова типичная конструкция электронной пушки? Как происходит управление уровнем электронной эмиссии?
13. Какие процессы происходят при облучении вещества рентгеновским излучением?
14. Опишите типичный спектр рентгеновской трубки и объясните появление каждой составляющей в нем.
15. С чем связано появление максимумов и минимумов на дифракционной картине?
16. Расскажите схему возникновения рентгеновской флуоресценции.

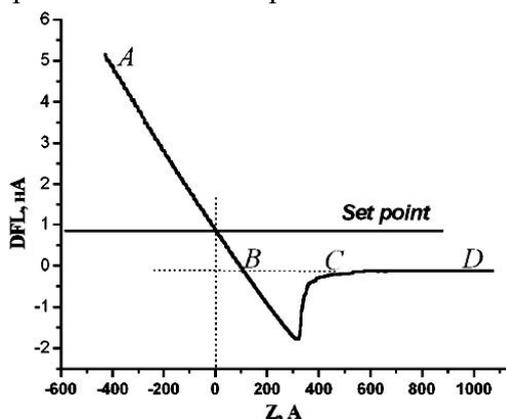
2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

2.1 БАНК ВОПРОСОВ И ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ

1. Приведите классификацию методов исследования по характеру взаимодействия исследуемого вещества с полем, излучением, потоком частиц.
2. Предел разрешения человеческого глаза равен: 1) 100000 нм; 2) 10 нм; 3) 10000 нм; 4) 100 нм.
3. Размер эритроцитов составляет: 1) 70-80 нм; 2) 700-800 нм; 3) 7000-8000 нм; 4) 7-8 нм.
4. Предназначение спектроскопических методов исследования вещества.
5. Что такое естественная ширина спектральных линий.
6. На чём основано измерение методом отклонения.
7. Понятие постоянной времени или времени отклика.
8. Основоположителем масс-спектрометрии является: 1) Демпстер; 2) Ф. Астон; 3) Д. Максвелл; 4) М.В. Ломоносов; 5) Д.Д. Томсон.
9. Выражения для ионного тока молекулярных ионов имеет вид:

А) $J_{ij} = \sigma_{ij} J_e n_j \ell$ В) $J_j = \sigma_j \frac{J_e}{n_j \ell}$ С) $J_e = \sigma_j J_j n_j \ell$ D) $J_j = \sigma_j J_e n_j \ell$ E) $J_j = \sigma_j J_e$

10. Зависимость туннельного тока СТМ от расстояния зонд-образец: 1) Экспоненциально растущая ; 2) Линейная; 3) Экспоненциально убывающая; 4) Квадратичная; 5) Гиперболическая.
11. Зависимость латерального разрешения АСМ от разрешения по вертикали: 1) Корневая; 2) Линейная; 3) Обратно пропорциональная; 4) Обратная корневая; 5) Экспоненциальная.
12. На рисунке показано: 1) Начальная зависимость петли гистерезиса для пьезокерамики ЦТС 19; 2) Неоднозначный ход зависимости деформации от подаваемой на пьезокерамику разности потенциалов; 3) Запаздывание деформации пьезосканера от управляющего напряжения; 4) Дребезг пьезокерамики при резком изменении управляющего сигнала.
13. На рисунке показан график зависимости сигнала DFL от расстояния зонд-поверхность при отсутствии сканирования (спектроскопический метод). Что означает участок ВС: 1) Свидетельствует о крипе пьезокерамики; 2) Характеризует радиус кривизны кантилевера; 3) Свидетельствует о наличии адсорбционных (капиллярных) сил между зондом и поверхностью; 4) Свидетельствует о наличии боковых сил трения; 5) Говорит об начале режима точного позиционирования кантилевера.



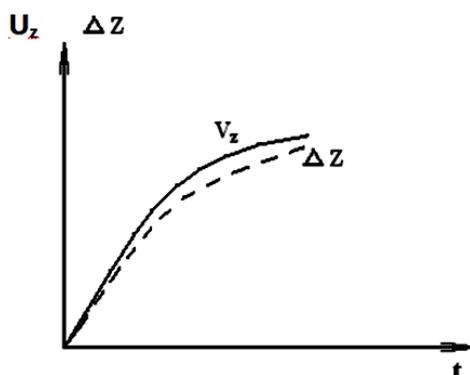
14. Что означает сигнал в системе обратной связи АСМ с точки зрения теории автоматического регулирования:

$$FBO = W_P + W_I + W_D$$

- 1) сигнал ошибки; 2) уровень сигнала для фиксированного взаимодействия, задаваемый пользователем; 3) сигнал на входе системы ОС; 4) сигнал коррекции на выходе ОС; 5) сигнал фазовращателя
15. Выберите правильно объяснение для выражения:

$$j_t = j_0(V) \exp \left\{ -\frac{4\pi}{h} \sqrt{2m\varphi^* \Delta Z} \right\}$$

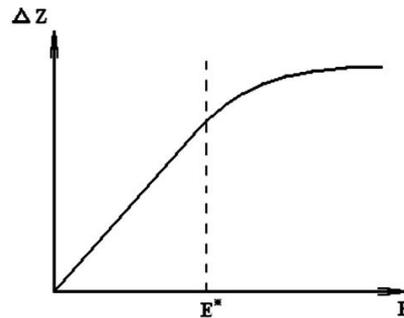
- 1) выражение для туннельного тока при $eV < \varphi^*$, когда коэффициент перед экспонентой мало зависит от расстояния зонд-образец;
- 2) выражение для плотности туннельного тока при автоэлектронной эмиссии;
- 3) выражение для туннельного тока при $eV > \varphi^*$, когда коэффициент перед экспонентой сильно зависит от разности потенциалов зонд-образец;
- 4) плотность туннельного тока в режиме снятия локальной ВАХ полупроводника;
- 5) плотность туннельного тока в режиме снятия локальной ВАХ сверхпроводника.



16. Приведите классификацию методов исследования по тем свойствам вещества, которые этими методами определяются
17. Какое из следующих предложений верное: 1) Углеродные нанотрубки в 100 раз прочнее стали, при этом их плотность в шесть раз меньше; 2) Углеродные нанотрубки 1000 раз прочнее стали, при этом их плотность в шесть раз меньше; 3) Углеродные нанотрубки в 10 раз прочнее стали, при этом их плотность в шесть раз меньше.
18. Размер бюджета 2013 Национальный нанотехнологической инициативы в США составил: 1) \$ 1,8 млрд; 2) \$ 570 млн; 3) \$ 830 млн; 4) 2,3 млрд.
19. Предназначение дифракционных методов исследования вещества.
20. Как определяется естественная ширина спектральных линий.
21. Приведите примеры измерения физической величины методом отклонений.
22. В чём разница гистограммы энергий регистрируемых частиц и гистограммы импульсов генерируемых датчиком.
23. Какие общие составные части в порядке движения ионного потока исследуемого вещества имеет масс-спектрометр: 1) Источник ионов, система напуска, анализирующая часть; 2) Регистрирующая часть, система напуска, источник ионов, анализирующая часть; 3) Система напуска, источник ионов, анализирующая часть, регистрирующая часть; 4) Система напуска, источник ионов, регистрирующая часть, анализирующая часть; 5) Источник ионов, система напуска, регистрирующая часть, анализирующая часть.
24. Выражения для ионного тока фрагментарных ионов имеет вид:

А) $\mathbf{J}_{ij} = \sigma_{ij} \mathbf{J}_e \mathbf{n}_j \ell$ В) $\mathbf{J}_j = \sigma_j \frac{\mathbf{J}_e}{\mathbf{n}_j \ell}$ С) $\mathbf{J}_e = \sigma_j \mathbf{J}_j \mathbf{n}_j \ell$ D) $\mathbf{J}_j = \sigma_j \mathbf{J}_e \mathbf{n}_j \ell$ E) $\mathbf{J}_j = \sigma_j \mathbf{J}_e$
25. При отдалении вольфрамового зонда на 1 А от поверхности туннельный ток: 1) Падает в 1,5 – 2 раза; 2) Остается почти неизменным; 3) Падает на порядок; 4) Возрастает в 1,5 – 2 раза; 5) Возрастает на порядок.
26. При исследовании поверхности в полуконтактном режиме колебания зонда вызываются: 1) Пьезосканером; 2) Емкостным датчиком; 3) Пьезодрайвером; 4) Внешним генератором; 5) Системой обратной связи.

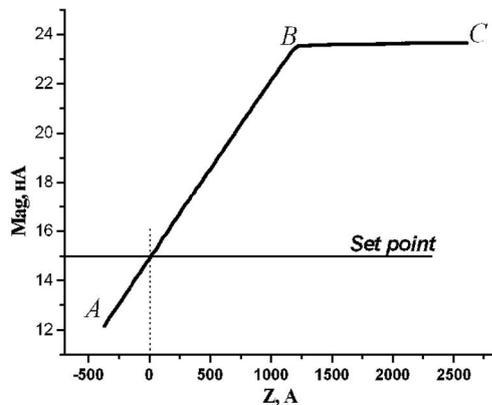
27. На рисунке E^* , это: 1) предел прочности для пьезокерамики; 2) предельное значение напряжённости управляющего поля при которой деформация линейна от прикладываемого поля; 3) значение напряжённости управляющего поля, при которой начинается крип пьезосканера; 4) коэрцитивная сила в петле гистерезиса для отработки остаточной деформации.



28. Какое предельно максимальное значение напряжённости управляющего электрического поля для пьезокерамики ЦТС–19, при которой ещё отсутствует остаточная поляризация и следовательно минимальны атерфакты:

- 1) 40 кВ/м; 2) 50 В/мм; 3) 100 кВ/см; 4) 500 В/см; 5) 150 В/мкм.

29. На рисунке показан график зависимости сигнала MAG от расстояния зонд–поверхность при отсутствии сканирования (спектроскопический метод). Что означает участок BC: 1) Свидетельствует о крипе пьезокерамики; 2) Свидетельствует об установлении постоянного значения амплитуды колебаний в отсутствие взаимодействия зонда с образцом; 3) Свидетельствует о наличии адсорбционных (капиллярных) сил между зондом и поверхностью; 4) Свидетельствует о наличии боковых сил трения; 5) Говорит об начале режима точного позиционирования кантилевера.



30. Выберите правильно объяснение для выражения:

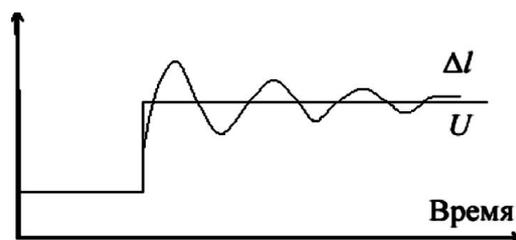
$$j = \frac{e^3 V^2}{8\pi h \varphi^* (\Delta Z)^2} \exp \left\{ -\frac{8\pi \sqrt{2m} (\varphi^*)^{3/2} \Delta Z}{3ehV} \right\}$$

1) выражение для туннельного тока при $eV < \varphi^*$, когда коэффициент перед экспонентой мало зависит от расстояния зонд-образец; 2) выражение для плотности туннельного тока при автоэлектронной эмиссии с вершины зонда, когда $eV > \varphi^*$; 3) выражение для туннельного тока, когда коэффициент перед экспонентой сильно зависит от разности потенциалов зонд-образец; 4) плотность туннельного тока в режиме снятия локальной ВАХ полупроводника; 5) плотность туннельного тока в режиме снятия локальной ВАХ сверхпроводника.

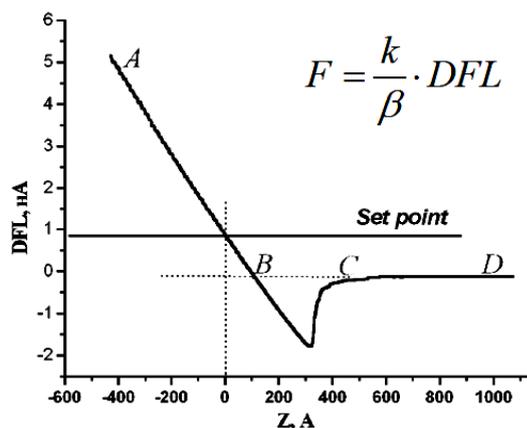
31. В чём заключаются прямые задачи методов.

32. Углеродные нанотрубки при атмосферном давлении выдерживают температуру: 1) 800 °C; 2) 3000 °C; 4) 2000 °C.

33. Какая структура содержит миллионы атомов: 1) Молекула спирта 2) Молекула ДНК; 3) Молекулы белков; 4) Молекула воды; 5) Молекула фенантролина.
34. Как, согласно распределению Больцмана, связана интенсивность линий спектра с числом частиц вещества находящихся на первоначальном уровне.
35. Как определяется условие слияния спектральных линий с естественной шириной.
36. На чём основано измерение разностным методом.
37. Понятие энергетического разрешения в случае регистрации частиц двух типов с близкими энергиями.
38. Какой вид ионизации наиболее распространён: 1) Фотоионизация, ионизация лазерным излучением; 2) Термоионизация; 3) Ионизация электронным ударом; 4) Ионизация сильным электрическим полем; Химическая ионизация.
39. Для ионизации электрическим полем острий или тонких проволочек требуются значения напряжённостей: 1) $10E3 - 10E5$ В/см; 2) $10E2 - 10E3$ В/см; 3) $10E7 - 10E8$ В/см; 4) $10E9 - 10E10$ В/см; 5) $10E2 - 10E3$ кВ/см.
40. Обратный пьезоэлектрический эффект - это: 1) Возникновение электрического поля при деформации пьезоэлектрика; 2) Возникновение деформации при нагреве пьезоэлектрика; 3) Возникновение деформации пьезоэлектрика при протекании по нему тока; 4) Возникновение деформации пьезоэлектрика, при приложении электрического поля; 5) Возникновение электрического тока при деформации пьезоэлектрика.
41. Согласно теории автоматического регулирования, вырабатываемый системой обратной связи сигнал коррекции представляется: 1) Суммой двух компонент отклика: интегральной и дифференциальной; 2) Разности двух компонент отклика: интегральной и дифференциальной; 3) Из суммы двух компонент отклика интегральной и дифференциальной вычитается пропорциональная; 4) Суммой трёх компонент отклика: пропорциональной компоненты, интегральной и дифференциальной; 5) Суммой двух компонент отклика: интегральной и пропорциональной.
42. На рисунке показано: 1) Начальная зависимость петли гистерезиса для пьезокерамики ЦТС 19; 2) Неоднозначный ход зависимости деформации от подаваемой на пьезокерамику разности потенциалов; 3) Запаздывание деформации пьезосканера от управляющего напряжения; 4) Дребезг пьезокерамики при резком изменении управляющего сигнала.



43. В чём преимущество использования тензолеверов перед кантелеверами с оптическим определением положения зонда.
44. На рисунке показан график зависимости сигнала DFL от расстояния зонд-поверхность при отсутствии сканирования (спектроскопический метод). Определите коэффициент β в законе Гука, описывающего силу взаимодействия зонда-образца.



45. Что определяет величина

$$\varphi^* = \frac{1}{2}(\varphi_P + \varphi_S)$$

в расчёте тока на туннельном контакте:

1) работу выхода электронов с уровня Ферми в вакуум с вершины зонда; 2) среднюю работу выхода электронов с уровня Ферми в вакуум с поверхности образца; 3) среднюю работу выхода электронов из металла зонда и металла образца; 4) высоту прямоугольного потенциального барьера на контакте зонд-образец; 5) среднюю высоту барьера произвольной формы между зондом и образцом.

46. Размерность нанопроволок равняется: 1) 1-Д; 2) 0-Д; 3) 2-Д.

47. Какие из следующих утверждений является правильным: 1) Использование нанотехнологий снижает габариты и энергопотребление компьютера, в то время как увеличивается скорость выполнения и производительность; 2) Использование нанотехнологий снижает цену и энергопотребление компьютера, в то время как повышается скорость и производительность; 3) Использование нанотехнологий позволяет уменьшить размер компьютера и цену, в то время как повышается скорость и производительность.

48. Какие свойства частиц и волн используются в дифракционных методах.

49. Критерий Релея для разрешения перекрывающихся спектральных линий.

50. Приведите примеры измерения физической величины разностным методом.

51. Понятие энергетического разрешения в случае регистрации частиц одной энергии.

52. Какой ион называют молекулярным: 1) Ион, ничем не отличающийся по своим свойствам от молекулы, из которой он образован; 2) Ион, образованный из фрагмента молекулы, возникшей при ионизации; 3) Ион, имеющий такую же массу, за исключением одного или нескольких электронов, как и молекула из которой он образован; 4) Ион, который через некоторое время превратится в молекулу; 5) Ион, который по своим химическим свойствам не отличается от молекулы.

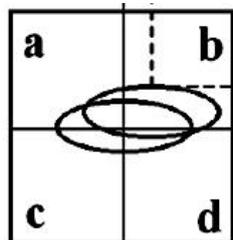
53. Чем объясняется нелинейность графика кривой эффективности ионизации при электронном ударе на начальном участке: 1) только наличием молекул (атомов) находящихся в возбужденном состоянии; 2) разбросом энергии электронного пучка (немонохроматичностью), а также наличием молекул (атомов) находящихся в возбужденном состоянии; 3) только разбросом энергии электронного пучка (его немонохроматичностью); 4) объясняется немонохроматичностью молекул в молекулярном пучке; 5) объясняется недостаточной чувствительностью детектора масс-спектрометра.

54. К сканеру сканирующего туннельного микроскопа не предъявляется требования: 1) Отсутствия дрейфов; 1) Хорошей проводимости; 2) Термической стабильности позиционирования; 3) Высокого быстродействия; 4) Высокого разрешения.

55. Формула Стоуни связывает: 1) отклонение конца балки кантилевера δ с приложенным электрическим напряжением U ; 2) отклонение конца балки кантилевера δ с приложенным

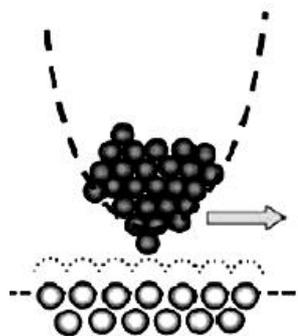
механическим напряжением σ ; 3) коэффициент Пуассона материала балки кантилевера с модулем Юнга; 4) отклонение конца балки кантилевера δ с резонансной частотой колебаний пьезодрайвера; 5) модуль Юнга материала балки кантилевера E с приложенным электрическим напряжением U .

56. Значение сигналов $(A+C)-(B+D)$ является сигналом: 1) DFL; 2) LF; 3) LASER; 4) MAG; 5) верх-низ



57. В каких условиях применение ёмкостных датчиков определения реального положения кантилевера оправдано.

58. Какой режим работы зондового микроскопа изображён на рисунке: 1) АСМ-сканирование в режиме постоянной высоты; 2) СТМ-сканирование в контактном режиме; 3) АСМ-сканирование в полуконтактном режиме; 4) СТМ-сканирование в режиме постоянной высоты; 5) СТМ-сканирование в режиме постоянного тока;



59. Что определяет первое слагаемое в потенциале Леннарда-Джонса

$$U(r) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right],$$

1) слагаемое определяет потенциальную энергию отталкивания атомов при обменном взаимодействии после перекрытия электронных облаков; 2) слагаемое определяет потенциальную энергию Ван-дер-Ваальсовых далекодействующих сил притяжения диполь-дипольного индуцированного взаимодействия; 3) глубину потенциальной ямы в зависимости потенциальной энергии Ван-дер-Ваальсова взаимодействия атомов зонда и образца; 4) потенциальную энергию теоретически не поддающейся описанию; 5) потенциальную энергию, которая описывается кривой Морзе.

60. В нанотехнологии обсуждаемый размер структур составляет: 1) 1-100nm; 2) Все, что меньше 100 нм; 3) 0.1-10nm; 4) 10-1000 нм.

61. Молекула ДНК хорошим примером: 1) Биологический процесс, которой не поддается описанию; 2) Результата технологии получения "сверху вниз"; 3) Процесса самосборки.

62. В чём заключается основное условие применения дифракционных методов.

63. Понятие характеристического времени метода.

64. На чём основано измерение нуля-методом.

65. Смысл полной ширины на полувысоте пика (ПШПВ) или FWHM (Full Width on Half Magnitude).

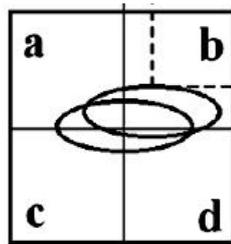
66. Вероятность образования отрицательного иона (при захвате электрона) при ионизации электронным ударом: 1) примерно в тысячу раз больше, чем вероятность образования положительного иона; 2) примерно в несколько десятков раз меньше, чем вероятность образования положительного иона; 3) примерно в тысячу раз меньше, чем вероятность образования положительного иона; 4) примерно в несколько сотен раз меньше, чем вероятность образования положительного иона; 5) примерно в несколько сотен раз больше, чем вероятность образования положительного иона.

67. Что называют фокусировкой по направлению: 1) это воздействие магнитного поля, отклоняющее пучок ионов в заданном направлении; 2) уменьшение расходимости ионного пучка магнитным полем в области регистрации ионных токов; 3) это ошибка фокусировки вследствие разброса энергии ионов пучка; 4) это ошибка фокусировки вследствие разброса энергии ионизирующих частиц; 5) это диаметр ионного пучка, возникший вследствие нестабильности ускоряющего напряжения.

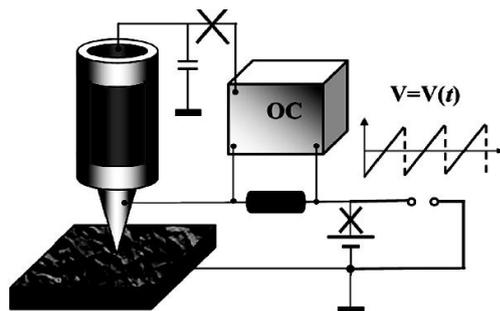
68. К недостаткам СТМ относят: 1) Высокую стоимость оборудования; 2) Невысокое латеральное разрешение; 3) Невозможность исследования диэлектриков; 4) Невысокое разрешение по вертикали; 5) Чувствительность к помехам.

69. Сигнал MAG – это сигнал: 1) соответствующий амплитуде переменной составляющей сигнала LASER на частоте модуляции; 2) соответствующий постоянной составляющей сигнала DFL; 3) соответствующий постоянной составляющей сигнала LASER; 4) соответствующий постоянной составляющей сигнала FL; 5) соответствующий амплитуде переменной составляющей сигнала DFL на частоте модуляции.

70. . Значение сигналов (A+B)–(C+D) является сигналом: 1) DFL; 2) LF; 3) LASER; 4) MAG; 5) верх-низ.



71. Объясните по рисунку суть методики зондовой микроскопии.



72. Последовательность изготовления пьезокерамики используемой в сканерах СЗМ.

73. Что определяет второе слагаемое в потенциале Леннарда-Джонса

$$U(r) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right],$$

1) слагаемое определяет потенциальную энергию отталкивания атомов при обменном взаимодействии после перекрытия электронных облаков; 2) слагаемое определяет потенциальную энергию Ван-дер-Ваальсовых дальнедействующих сил притяжения диполь-дипольного индуцированного взаимодействия; 3) глубину потенциальной ямы в

зависимости потенциальной энергии Ван-дер-Ваальсова взаимодействия атомов зонда и образца; 4) потенциальную энергию теоретически не поддающуюся описанию; 5) потенциальную энергию, которая описывается кривой Морзе.

74. Какое утверждение является верным: 1) Когда размер объекта уменьшается, соотношение между числом атомов на поверхности и числом атомов в объеме объекта уменьшается; 2) Когда размер объекта уменьшается, соотношение между числом атомов на поверхности и числом атомов в объеме объекта не меняется; 3) Когда размер объекта уменьшается, соотношение между числом атомов на поверхности и числом атомов в объеме объекта увеличивается.

75. Лучшей технологией для изготовления единственного в своем роде устройство с минимальным разрешением 10 нм является: 1) Электронно-лучевая литография; 2) Обычная фотолитография; 3) Фокусируемый ионный пучок; 4) Использование процессов самоорганизации.

76. Как определяется длина волны нерелятивистских частиц дифракционных методов через их энергию.

77. Как определяется характеристическое время метода для частиц.

78. Приведите примеры измерения физической величины нуль-методом.

79. Запишите выражение для абсолютного энергетического разрешения.

80. Что понимают под условием молекулярности пучка: 1) когда все частицы в пучке являются молекулами разных веществ; 2) когда средняя длина свободного пробега молекул в пучке намного больше, чем диаметр отверстия из которого выходит пучок; 3) когда средняя длина свободного пробега молекул в пучке намного меньше, чем диаметр отверстия из которого выходит пучок; 4) когда все частицы в пучке являются молекулами только одного вещества; 5) когда средняя длина свободного пробега молекул в пучке примерно равна диаметру отверстия из которого выходит пучок .

81. Выражение для ошибки фокусировки магнитного масс-спектрометра имеет вид:

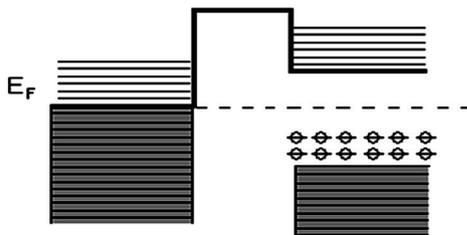
А) $AB \approx R\alpha$ В) $AB \approx \frac{R}{\alpha^2}$ С) $AB \approx R\alpha^2$ D) $AB \approx \sqrt{R\alpha^2}$ E) $AB \approx \sqrt{\frac{R}{\alpha^2}}$

82. Типичный радиус закругления коммерческого зонда АСМ составляет: 1) 50 нм; 2) На конце зонда находится 1 атом; 3) 10 нм; 4) 100 нм; 5) 1 нм.

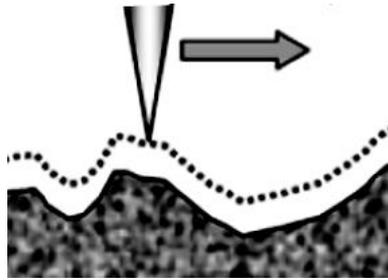
83. Укажите примерный размер пятна лазерного пучка на зеркальной поверхности конца балки кантилевера: 1) 50 мкм; 2) 1 мкм; 3) 100 нм; 4) 50 нм; 5) 10 мкм.

84. Какой из видов сигналов четырёхсекционного фотодетектора существенен для метода микроскопии латеральных сил: 1) DFL; 2) LF; 3) LASER; 4) MAG; 5) Set point.

85. В спектроскопических методиках СТМ для объяснения ВАХ контакта используется зонные диаграммы. Какому контакту зонд-образец соответствует рисунок: 1) металл-металл; 2) металл-сверхпроводник; 3) металл-диэлектрик; 4) металл-полупроводник; 5) металл-вакуум.



86. Объясните режим работы СЗМ изображённый на рисунке: 1) режим постоянной высоты для АСМ; 2) режим постоянной высоты над образцом для СТМ; 3) режим постоянного тока для АСМ; 4) спектроскопическая методика, либо для АСМ, либо для СТМ; 5) топографический режим и для АСМ, и для СТМ.



87. Выражение

$$W \approx \exp\{-k\Delta Z\}$$

, определяет:

1) потенциальную энергию электронов при переходе туннельного контакта зонд-образец; 2) высоту потенциального барьера между вершиной зонда и поверхностью образца; 3) может определять вероятность туннелирования электрона через прямоугольный потенциальный барьер, при коэффициенте затухания волны вероятности в зоне барьера k ; 4) коэффициент прохождения электронов при автоэлектронной эмиссии в вакуум; 5) высоту потенциального барьера над уровнем Ферми в металле зонда.

88. Какое из следующих утверждений об атомно-силовой микроскопии (АСМ) является самым правильным: 1) АСМ может визуализировать структуры белка в молекулах ДНК; 2) АСМ основана на передвижении очень острой иглы над поверхностью образца, что позволяет "чувствовать" форму поверхности; 3) АСМ может визуализировать нефиксированные образцы в водном растворе.

89. Какая газовая среда находится внутри сканирующего электронного микроскопа (СЭМ): 1) Гелий; 2) Азот; 3) Вакуум; 4) Аргон.

90. Как определяется длина волны релятивистских частиц дифракционных методов через их энергию.

91. Как определяется характеристическое время метода для волн.

92. Что такое чувствительность метода (дифференциальная чувствительность).

93. Запишите выражение для относительного энергетического разрешения.

94. Что называют кривыми эффективности ионизации: 1) это зависимости сечения ионизации σ (или ионного тока I) от энергии ионизирующих частиц E ; 2) это зависимость числа образованных ионов от числа молекул в пучке; 3) это зависимости сечения ионизации σ от ионного тока I ; 4) это зависимость ионного тока I от ускоряющей их разности потенциалов U ; 5) это зависимость сечения ионизации σ от ускоряющей их разности потенциалов U .

95. Масс-спектрометрический метод основан на разделении смеси газообразных ионов посредством электрического или магнитного поля либо их комбинации по отношению m/q и получении их спектра масс. Укажите выражение m/q для однозарядных ионов в магнитном масс-спектрометре Демпстера:

А) $\frac{m}{e} = \frac{RB}{2U}$ В) $\frac{m}{e} = \frac{R^2B^2}{2U}$ С) $\frac{m}{e} = \frac{R^2B^2}{2}$ D) $\frac{m}{e} = \frac{B^2}{2U}$ E) $\frac{m}{e} = \frac{R^2}{2U}$

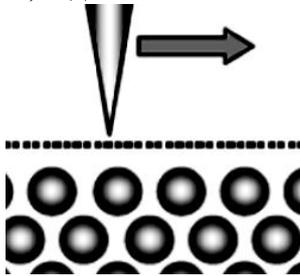
96. Основным достоинством токового режима СТМ является: 1) Высокое быстродействие; 2) Возможность исследования образцов с большими перепадами высот; 3) Невысокие требования к зонду; 4) Возможность исследования слабопроводящих материалов; 5) Возможность исследования диэлектриков и полупроводников.

96. Формула Стоуни имеет вид:

$$\begin{aligned}
 \text{A) } \delta &= \frac{3\sigma(1-\nu)}{E} & \text{B) } \delta &= \frac{3\sigma(1-\nu)}{E} \left(\frac{L}{t}\right)^2 & \text{C) } \tilde{\omega} &= \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{k} \frac{\partial F}{\partial z}} \\
 \text{D) } \omega_0 &= \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{eB}{m}} & \text{E) } \omega_0 &= \frac{2\pi}{T} = \left(\frac{eB}{m}\right)^2
 \end{aligned}$$

98. Для чего используется сигнал Laser, вырабатываемый фотодетектором АСМ: 1) для отработки сигнала пропорционального рельефу поверхности; 2) для отработки сигнала, возникающего при вращательной деформации кантилевера; 3) для первоначальной настройки (юстировки) фотодетектора АСМ; 4) для отработки управляющего сигнала системой обратной связи; 5) указывает мощность лазера.

99. Объясните режим работы СЗМ изображённый на рисунке: 1) режим постоянного тока для АСМ; 2) топографический режим для СТМ; 3) режим постоянной высоты и для АСМ и для СТМ; 4) спектроскопическая методика, либо для АСМ, либо для СТМ; 5) топографический режим и для АСМ, и для СТМ.



100. Какие силы взаимодействия зонд-образец используются в бесконтактной методике АСМ: 1) только силы Ван-дер-Ваальса; 2) отталкивающие силы Ван-дер-Ваальса; 3) либо электрические силы (ЭСМ), либо магнитные силы (МСМ); 4) либо дальнедействующие дипольные взаимодействия силами Ван-дер-Ваальса, либо электростатические, либо магнитные силы; 5) только адгезионные капиллярные силы притяжения.

101. Чем определяется высокое разрешение в СТМ по вертикали:

1) точной работой оптических датчиков определения положения зонда над образцом; 2) низкой скоростью сканирования поверхности образца; 3) экспоненциальной зависимостью туннельного тока от расстояния зонд-образец; 4) маленьким радиусом кривизны кантилевера; 5) пользовательскими настройками системы обратной связи.

102. В чём заключается условие устойчивости решения обратных задач.

103. Электронные микроскопы имеют гораздо более высокое разрешение, чем любой человеческий глаз или обычной световой микроскоп, потому что: 1) Имеют линзы с большим увеличением; 2) Используется пучок электронов, который обладает очень короткой (нанометровых) длиной волны; 3) Все ответы; 4) Используются линзы гораздо более высокого качества.

104. Какое из следующих утверждений верно: 1) Самоорганизация может произойти спонтанно; 2) Са-моорганизация является процессом, который происходит только в лаборатории; 3) Самоорганизация является процессом, который происходит только в природе; 4) Самоорганизация невозможна в принципе.

105. Чем определяется особенности применения электронографического метода в исследовании вещества.

106. Приведите пример псевдо-вращения Берри.

107. Что понимают под пределом разрешения метода.

108. Что такое "флуктуации ионизации".

109. Что называют сечением ионизации: 1) Сечение ионизации (m^2) – это площадь сечения пучка молекул, вышедших из системы напуска, которые подвергаются ионизации. Оно не зависит от типа молекул и энергии ионизирующих частиц; 2) Сечение ионизации (m^2) – используется для характеристики вероятности ионизации и зависит от типа молекул и энергии ионизирующих частиц. Она выражает вероятность ионизации одним электроном; 3) Сечение ионизации (m^2) – это площадь сечения пучка молекул, вышедших из системы напуска, которые подвергаются ионизации. Оно не зависит от типа молекул и энергии ионизирующих частиц; 4) Сечение ионизации (m^2) – это площадь сечения пучка ионов, непосредственно перед попаданием в анализирующую часть; 5) Сечение ионизации (m^2) – это площадь камеры источника ионов, где движется молекулярный пучок. Эта площадь перпендикулярна потоку ионизирующих частиц.

110. Разрешающая способность масс-спектрометра определяется минимальной разностью масс двух частиц, пики которых разделены в масс-спектре. Для масс-спектрометра Демпстера разрешающая способность определяется характеристиками пучка (радиусом траектории, уширения пучка вследствие нестабильности U и неоднородности магнитного поля) и элементов установки (шириной входной и выходной щелей анализирующей части):

$$\text{A) } P_{\text{м.с.}} = \frac{m}{\Delta m} = \frac{R^2}{S_1 + S_2 + \delta} \quad \text{B) } P_{\text{м.с.}} = \frac{m}{\Delta m} = \frac{S_1 + S_2 + \delta}{R} \quad \text{C) } P_{\text{м.с.}} = \frac{m}{\Delta m} = \frac{R}{2S_1 + 2S_2}$$

$$\text{D) } P_{\text{м.с.}} = \frac{m}{\Delta m} = \frac{R}{S_1 + S_2 + \delta} \quad \text{E) } P_{\text{м.с.}} = \frac{m}{\Delta m} = R(S_1 + S_2 + \delta)$$

111. При настройке фотоприемника АСМ максимизации подвергается сигнал: 1) LF; 2) DFL; 3) Сумма сигналов DFL и LF; 4) LASER; 5) Ни один из перечисленных.

112. Резонансная частота колебаний кантилевера (при бесконтактном методе) при приближении последнего к поверхности: 1) Остается неизменной; 2) Смещается вправо по оси частот; 3) Смещается влево по оси частот; 4) Испытывает осцилляции ; 5) Испытывает модуляцию.

113. Сигнал

$$W_p = P(FBI(t) - SP) , \text{ является:}$$

1) интегральной компонентой сигнала коррекции, вырабатываемого обратной связью АСМ; 2) пропорциональной компонентой сигнала коррекции; 3) дифференциальной компонентой сигнала коррекции; 4) компонентой отрабатывающей шероховатость поверхности образца при быстром сканировании.

114. В чём преимущество кантилевера из IrPt от кантилевера из W: 1) первый обладает лучшей стабильностью параметров и менее жёсткий; 2) первый обладает меньшей массой и адсорбцией вещества поверхности; 3) первый имеет больший коэффициент линейного расширения и меньшую электропроводность; 4) первый имеет больший модуль Юнга и коэффициент Пуассона; 5) допускает большую частоту сканирования.

115. В результате сканирования края изображения оказываются заваленными. Почему. Как исправить.

116. Чем определяется атомарное разрешение в СТМ:

1) точной работой оптических датчиков определения положения зонда над образцом; 2) низкой скоростью сканирования поверхности образца; 3) экспоненциальной зависимостью туннельного тока от расстояния зонд-образец и наличием атома или группы атомов на вершине зонда; 4) маленьким радиусом кривизны кантилевера; 5) пользовательскими настройками системы обратной связи.

117. Лучшим описанием технологии изготовления "снизу вверх" является: 1) Эта технология имеет предел 0,1 мкм (100 нм); 2) Строительство чего-либо путем сборки

мелких компонентов; 3) Структуры получаютсЯ разрезанием материала от более крупного элемента; 4) Используется метод прямой гравировки без маски фоторезиста.

118. Что является верным в отношении атомной силовой микроскопии (АСМ), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ): 1) Все указанные методы работают в условиях вакуума; 2) Все указанные методы позволяют исследовать структуры, имеющие размер меньше 100 нм; 3) Все указанные методы используют электронный пучок для работы с изображениями.

119. Чем определяется особенности применения рентгенографического метода в исследовании вещества.

120. Характерная длина волны рентгенографического метода.

121. Понятие динамического диапазона метода измерения.

122. Как связаны относительные флуктуации с числом пар генерируемых зарядов при регистрации частиц в ионизационных датчиках.

123. Что называют потенциалом появления иона (ПП): 1) Минимальная энергия (ускоряющая разность потенциалов) ионизирующих частиц (электронов, фотонов и др.) достаточная для фрагментации исходной молекулы на осколки (нейтральные частицы, ионы, электроны); 2) Минимальная энергия достаточная для ионизации атома; 3) То же самое, что и потенциал ионизации; 4) Минимальная энергия (ускоряющая разность потенциалов) ионизирующих частиц (электронов, фотонов и др.) достаточная для ионизации атома (молекулы) и соответственно появления иона; 5) Максимальная энергия ионизирующих частиц (электронов, фотонов и др.), при которой молекулы ионизируются, но не фрагментируются.

124. Во времяпролётном масс-спектрометре, при синхронизации импульсов ИИ и срабатывания датчика (детектора), можно измерять время пролета разных ионов и определять их массы. Время пролёта определяют согласно выражению:

$$\begin{aligned} \text{A) } t = \frac{L}{v} = L \sqrt{\frac{m}{2eU}} \quad \text{B) } t = \frac{L}{v} = L \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad \text{C) } t = \frac{L}{v} = L \sqrt{\frac{m^2}{2eU}} \\ \text{D) } t = \frac{L}{v} = L \frac{m}{2eU} \quad \text{E) } t = \frac{L}{v} = L \frac{2eU}{m} \end{aligned}$$

125. Неоднозначная зависимость удлинения пьезосканера от направления изменения электрического напряжения называется: 1) Крипом; 2) Дребзгом пьезокерамики; 3) Обратным пьезоэффектом; 4) Гистерезисом ; 5) Прямым пьезоэффектом.

126. Потенциал Ленарда-Джонса имеет вид:

$$\begin{aligned} \text{A) } U(\mathbf{r}) = 4\epsilon \left(\frac{\sigma}{\mathbf{r}}\right)^{12} \quad \text{B) } U(\mathbf{r}) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{\mathbf{r}}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{\mathbf{r}}\right)^6 \right] \quad \text{C) } U(\mathbf{r}) = 4\epsilon \left(\frac{\sigma}{\mathbf{r}}\right)^6 \\ \text{D) } U(\mathbf{r}) = 4\epsilon \left[1 - \left(\frac{\sigma}{\mathbf{r}}\right)^6 \right] \quad \text{E) } U(\mathbf{r}) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{\mathbf{r}}\right)^{12} - 1 \right] \end{aligned}$$

127. Сигнал

$$W_I = I \int_{t-\tau}^t (FBI(t') - SP) dt'$$

, является:

1) интегральной компонентой сигнала коррекции, вырабатываемого обратной связью АСМ; 2) пропорциональной компонентой сигнала коррекции; 3) дифференциальной компонентой сигнала коррекции; 4) компонентой отрабатывающей шероховатость поверхности образца при быстром сканировании.

128. Объясните работу трипода наноздукатора на основе элемента, изображённого на рисунке:



129. Для какой методики АСМ характерны следующие достоинства: получение изображений с атомарным разрешением, высокая скорость сканирования, возможность измерения локального трения.

1) бесконтактный режим АСМ; 2) полуконтактный режим АСМ; 3) электросилового режим АСМ; 4) контактный режим АСМ; 5) метод Кельвина в АСМ.

130. Как изготавливают зонды АСМ: 1) перерезанием вольфрамовой или иридиево-платиновой проволоки под произвольным углом; 2) жидко- или газофазным химическим травлением кремния или нитрида кремния; 3) перерезанием вольфрамовой или иридиево-платиновой проволоки под углом в 45° с элементами пластической деформации; 4) путём заострения в высоком электрическом поле на конце острия зонда; 5) путём лазерной абляции материала заготовки зонда.

131. Приведите пример корректно и некорректно поставленной задачи.

132. Лучшей технологией для изготовления крупной партии устройств с минимальным разрешением 200 нм является: 1) Фокусируемый ионный пучок; 2) Использование процессов самоорганизации; 3) Обычная фотолитография; 4) Электронно-лучевая литография.

133. Кто первым ввёл понятие нанотехнологий: 1) К. Русска в 1982 г.; 2) Н. Танигучи в 1974 г.; 3) Э. Ферми в 1960 г.; 4) А. Эйнштейн в 1905 г.

134. Чем определяется особенности применения нейтронографического метода в исследовании вещества.

135. Характерная длина волны нейтронографического метода.

136. Понятие пространственного (поверхностного) разрешения метода.

137. Чем обусловлены "темновые токи" в ФЭУ (фотоэлектронных умножителях).

138. Для большинства молекул кривые эффективности ионизации электронным ударом имеют максимум при энергии электронов: 1) $\sim 100-150$ эВ; 2) $\sim 10-40$ эВ; 3) $\sim 70-80$ эВ; 4) $\sim 1-10$ кэВ; 5) $\sim 0,2-0,25$ эВ.

139. Частота обращения ионов в спектрометре ион-циклотронного резонанса не зависит от их энергии, но зависит от индукции магнитного поля и отношения массы иона к его заряду согласно соотношению:

$$\text{A) } \omega_0 = \frac{T}{2\pi} = \frac{eB}{m} \quad \text{B) } \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{m}{eB} \quad \text{C) } \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{eB}{m}$$

$$\text{D) } \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{eB}{m}} \quad \text{E) } \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \left(\frac{eB}{m}\right)^2$$

140. Интегральная компонента системы ОС в АСМ отвечает за: 1) Отработку мелких деталей рельефа; 2) Прописывание рельефа глубоких впадин; 3) Отработку крупных деталей рельефа; 4) Прописывание рельефа больших выступов; 5) Ни за одну из названных задач.

141. Как определяется коэффициент жёсткости и собственная частота колебаний кантилевера АСМ через геометрические и физические параметры балки.

142. Сигнал

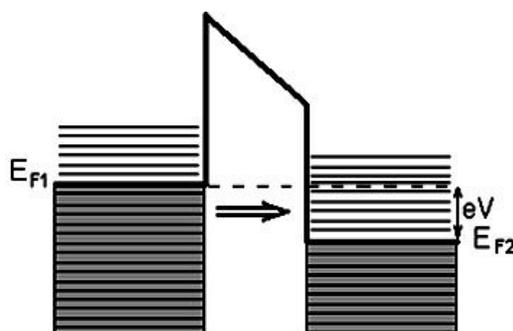
$$W_D = D \frac{\partial(FBI(t) - SP)}{\partial t}$$

, является:

1) интегральной компонентой сигнала коррекции, вырабатываемого обратной связью АСМ; 2) пропорциональной компонентой сигнала коррекции; 3) дифференциальной компонентой сигнала коррекции; 4) компонентой отрабатывающей шероховатость поверхности образца при быстром сканировании.

143. В какой методике СТМ зонд останавливают над одной точкой над поверхностью, отключают обратную связь и меняют потенциал зонда: 1) АСМ в режиме электросиловой микроскопии; 2) АСМ в режиме определения зарядов, распределённых по поверхности; 3) СТМ в спектроскопическом режиме по определению ВАХ туннельного контакта; 4) АСМ в спектроскопическом режиме определения капиллярных сил; 5) АСМ в спектроскопическом режиме определения локальной жёсткости образца.

144. В спектроскопических методиках СТМ для объяснения ВАХ контакта используется зонные диаграммы. Какому контакту зонд-образец соответствует рисунок: 1) металл-металл; 2) металл-сверхпроводник; 3) металл-диэлектрик; 4) металл-полупроводник; 5) металл-вакуум.



145. Для какой методики АСМ характерны следующие достоинства: уменьшение боковых сил между зондом и поверхностью, повышение чувствительности путём использования резонансных свойств системы, уменьшение шумов с частотной зависимостью $1/f$, за счёт переноса спектра сигнала в область высоких частот.

1) бесконтактный режим АСМ; 2) полуконтактный режим АСМ; 3) электросиловой режим АСМ; 4) контактный режим АСМ; 5) метод Кельвина в АСМ.

Шкала оценивания результатов тестирования: в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения – 60 баллов (установлено положением П 02.016).

Максимальный балл за тестирование представляет собой разность двух чисел: максимального балла по промежуточной аттестации для данной формы обучения (36 или 60) и максимального балла за решение компетентностно-ориентированной задачи (6).

Балл, полученный обучающимся за тестирование, суммируется с баллом, выставленным ему за решение компетентностно-ориентированной задачи.

Общий балл по промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной шкале следующим образом:

Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной шкале</i>	<i>Оценка по 5-балльной шкале</i>
100-85	отлично
84-70	хорошо
69-50	удовлетворительно
49 и менее	неудовлетворительно

Критерии оценивания результатов тестирования:

Каждый вопрос (задание) в тестовой форме оценивается по дихотомической шкале: выполнено – **2 балла**, не выполнено – **0 баллов**.

2.2 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

Компетентностно-ориентированная задача № 1

В результате долгого прижима (порядка 3 лет) отполированных брусков металлов свинца и олова произошла диффузия атомов одного металла в другой. Предложите методику определения характерной глубины проникновения одного металла в другой с использованием ЭДС, РЭМ и соответствующее прикладное программное обеспечение.

Компетентностно-ориентированная задача № 2

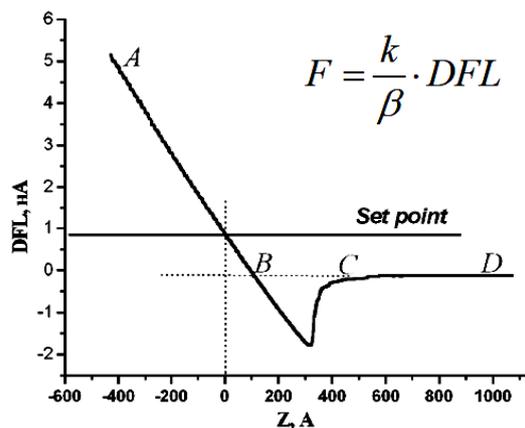
Оцените величину температурного дрейфа пьезосканера АСМ длиной 0,8 см при увеличении его температуры в процессе сканирования, за счёт диссипации энергии при деформации, на 1,5 К. Считать, что сканер изготовлен из пьезокерамики ЦТС–19 с температурным коэффициентом линейного расширения $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Компетентностно-ориентированная задача № 3

При наблюдении в электронный микроскоп полированного шлифа металлического образца, который для полировки на станке был залит в держатель из эпоксидного клея, было обнаружено, что образец самопроизвольно изменяет своё местоположение. Качественного снимка его поверхности (при медленной скорости сканирования электронного пучка) оказалось невозможно произвести. Почему это происходит, и как всё же получить качественное изображение поверхности?

Компетентностно-ориентированная задача № 4

На рисунке показан график зависимости сигнала DFL от расстояния зонд–поверхность при отсутствии сканирования (спектроскопический метод). Определите коэффициент β в законе Гука, описывающего силу взаимодействия зонда-образца.



Компетентностно-ориентированная задача № 5

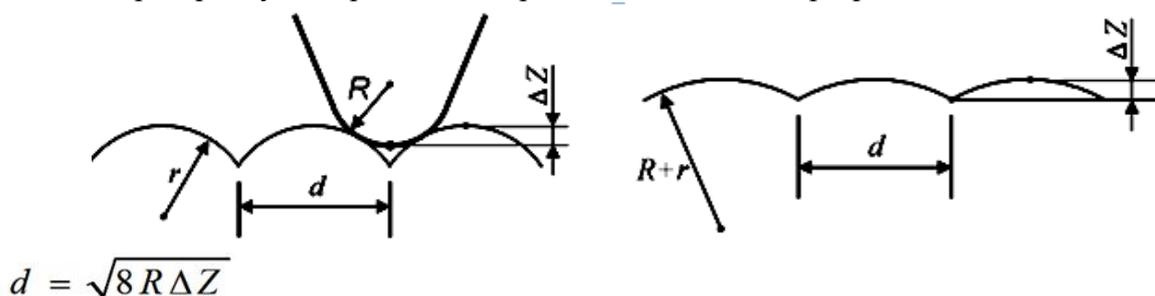
Характеристическое рентгеновское излучение имеет длину волны 1 пм. Найдите характеристическое время метода. Можно ли зарегистрировать этим излучением перестройку химических связей в молекуле, которая происходит за время ~ 10 нс. Обоснуйте ответ.

Компетентностно-ориентированная задача № 6

При наблюдении наноразмерных металлических структур на растровом электронном микроскопе JSM 6610 Iv, полученных на подложке посредством магнетронного напыления из-за получившейся зеркальной поверхности оказалось практически невозможно качественно сделать ряд настроек (астигматизма по X и Y, настройку апертуры относительно оси электронной колонны в режиме Wobble, размер точки Spot Seis и др.). Предложите способы произвести качественную настройку электронной пушки.

Компетентностно-ориентированная задача № 7

На рисунке изображена схема для объяснения локального разрешения АСМ. Если для вертикального разрешения принять 0,02 Ангстрема, найдите для промышленного кантилевера с радиусом кривизны острия 10 нм локальное разрешение.



Компетентностно-ориентированная задача № 8

При сканировании кантилевером в контактном режиме одностенной УНТ, находящейся на подложке, был получено, что её диаметр равнялся 25 нм. Стоит ли верить этим данным? Предложите методику определения радиуса зонда кантилевера по изображениям УНТ.

Компетентностно-ориентированная задача № 9

Одними из основных сплавов серебра является его сплавы с медью. При определении состава эталонного сплава серебра и меди на ЭДС при ускоряющем напряжении 15 кВ оказалось содержание серебра значительно меньше, чем положено.

Объясните причину этого. Как преодолеть данное затруднение в определении состава меди и серебра?

Компетентностно-ориентированная задача № 10

Оцените величину температурного дрейфа пьезосканера СТМ длиной 1 см при увеличении его температуры в процессе сканирования, за счёт диссипации энергии при деформации, на 2 °С. Считать, что сканер изготовлен из цирконата-титаната свинца ($\alpha_t = 2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$).

Компетентностно-ориентированная задача № 11

В результате термической обработки и проникновения атомов хрома в поверхность железной детали, на достаточно большую глубину, не меньше чем 20 мкм, намечено при помощи ЭДС определить изменение процентного содержания атомов хрома при диффузии в металлическую деталь от глубины. Предложите способ определения зависимости процентного содержания хрома от глубины посредством применения ЭДС и явления контаминации.

Компетентностно-ориентированная задача № 12

Перестройка химических связей в молекуле при псевдовращении Бери происходит за время ~ 5 нс. Можно ли зарегистрировать эту перестройку электронографическим методом, если электроны ускоряются разностью потенциалов в 150 кВ?

Компетентностно-ориентированная задача № 13

Разрешит ли масс-спектрометр с одинаковой шириной входной и выходной щелями $S_1 = S_2 = 0,1$ мм ионы CO_2^+ с изотопами углерода ^{12}C и ^{14}C , если радиус кривизны $R = 42$ см. Положить уширение ионного пучка δ равной ошибке фокусировки с углом расхождения $\sim 1,1^\circ$.

Компетентностно-ориентированная задача № 14

При наблюдении нанотрубок, полученных пиролитическим способом на электронном микроскопе JSM 6610 Iv и проведении ЭДС- анализа, оказалось, что кроме характеристических пиков, соответствующих углероду наблюдаются пики алюминия. Причём по процентам получается алюминия больше. В чём причина и как решить эту проблему по анализу УНТ?

Компетентностно-ориентированная задача № 15

Определить ошибку фокусировки иона CO_2^+ (массу найти по периодической системе Менделеева), ускоренного в ИИ электрическим полем с разностью потенциалов 2,5 кВ ($U_{\text{уск}} = 2,5$ кВ) и попавшего в анализирующей части в однородное поперечное магнитное поле $B = 1,5$ Тл, если расходимость ионного пучка на выходе из ИИ $\sim 1,5^\circ$:

Компетентностно-ориентированная задача № 16

На электронном микроскопе JSM 6610 Iv в результате несанкционированного доступа нерадивых студентов, в неработающем состоянии микроскопа, была сбита настройка апертуры объектной линзы вращением ручек её смещения по оси X и Y. В результате при включении всех узлов микроскопа изображения так и не было получено. Предложите последовательность действий, которые вы вынуждены будете совершить,

чтобы настроить электронную колонну микроскопа для получения качественных изображений.

Компетентностно-ориентированная задача № 17

При производстве микросистемной техники на контактные ножки некоторых ответственных электронных элементов напыляется слой золота определённой толщины и чистоты. На заводе выпускающем электронику для "чёрных ящиков" стало много выбраковываться деталей с такими элементами из-за нарушения контакта. Предложите способ контроля за соблюдением технологии пайки таких деталей и выяснения причин брака с помощью аналитической электронной микроскопии.

Компетентностно-ориентированная задача № 18

Предложите методику примерного определения и экспериментальной проверки резонансной частоты колебания кантилевера, размеры которого неизвестны. Для этого можно использовать растровый электронный микроскоп, атомно-силовой микроскоп.

Компетентностно-ориентированная задача № 19

При наблюдении в РЭМ JSM 6610 Iv шарика оловянно-свинцового припоя были обнаружены светлые и темные области. При увеличении тёмного включения было обнаружено изменение его формы (образование поплыло). Объясните наблюдаемые явления и что нужно предпринять, что бы прекратилось изменение формы тёмного включения? Как проверить ваши доводы?

Компетентностно-ориентированная задача № 20

При сканировании кантилевером в контактном режиме одностенной УНТ, находящейся на подложке, был получено, что её диаметр равнялся 25 нм. Стоит ли верить этим данным? Предложите методику определения радиуса зонда кантилевера по изображениям УНТ.

Компетентностно-ориентированная задача № 21

На электронном микроскопе JSM 6610 Iv в результате несанкционированного доступа нерадивых студентов, в неработающем состоянии микроскопа, была сбита настройка апертуры объектной линзы вращением ручек её смещения по оси X и Y. В результате при включении всех узлов микроскопа изображения так и не было получено. Предложите последовательность действий, которые вы вынуждены будете совершить, чтобы настроить электронную колонну микроскопа для получения качественных изображений.

Шкала оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи: в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения – 60 (установлено положением П 02.016).

Максимальное количество баллов за решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Балл, полученный обучающимся за решение компетентностно-ориентированной задачи, суммируется с баллом, выставленным ему по результатам тестирования.

Общий балл промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной шкале следующим образом:

Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной шкале</i>	<i>Оценка по 5-балльной шкале</i>
100-85	отлично
84-70	хорошо
69-50	удовлетворительно
49 и менее	неудовлетворительно

Критерии оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи:

6-5 баллов выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует глубокое понимание обучающимся предложенной проблемы и разностороннее ее рассмотрение; свободно конструируемая работа представляет собой логичное, ясное и при этом краткое, точное описание хода решения задачи (последовательности (или выполнения) необходимых трудовых действий) и формулировку доказанного, правильного вывода (ответа); при этом обучающимся предложено несколько вариантов решения или оригинальное, нестандартное решение (или наиболее эффективное, или наиболее рациональное, или оптимальное, или единственно правильное решение); задача решена в установленное преподавателем время или с опережением времени.

4-3 балла выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует понимание обучающимся предложенной проблемы; задача решена типовым способом в установленное преподавателем время; имеют место общие фразы и (или) несущественные недочеты в описании хода решения и (или) вывода (ответа).

2-1 балла выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует поверхностное понимание обучающимся предложенной проблемы; осуществлена попытка шаблонного решения задачи, но при ее решении допущены ошибки и (или) превышено установленное преподавателем время.

0 баллов выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует непонимание обучающимся предложенной проблемы, и (или) значительное место занимают общие фразы и голословные рассуждения, и (или) задача не решена.