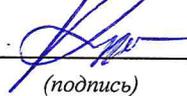


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Кузько Андрей Евгеньевич
Должность: Заведующий кафедрой
Дата подписания: 01.10.2024 22:43:16
Уникальный программный ключ:
72581f52caba063db3331b3cc54ec107395c8caf

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой
нанотехнологий, микроэлектроники,
общей и прикладной физики

(наименование кафедры полностью)


А.Е. Кузько

(подпись)

« 31 » августа 2024 г.

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

Физика наносистем
(наименование дисциплины)

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

1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

1.1 ВОПРОСЫ ДЛЯ УСТНОГО ОПРОСА

1. Введение.

1. Основные цели и задачи изучения дисциплины.
2. Современное значение физики наносистем.

2. Атомы, молекулы и наносистемы.

1. Электронные оболочки в атомах, квантовые числа.
2. Уравнение Шредингера, водородоподобный атом.

3. Атомные кластеры, нанотрубки, нанопроволоки, квантовые точки, системы с пониженной размерностью газа носителей заряда.

1. Конденсированное состояние материи.
2. Методы получения атомных кластеров, квантовых точек, проволоки, трубки, ямы.
3. Гетероструктуры. Физические свойства и эффекты.
4. Многообразие электронных наносистем. Применение.

4. Углеродные наноструктуры.

1. Фуллерены, графен, углеродные нанотрубки.
2. Описание физических свойств. Методы получения. Применение.

5. Фотонные, оптические кристаллы.

1. Получение, свойства, применение.

6. Наносистемы и квантовая оптика.

1. Принципы работы оптического лазера. Классификация лазеров.
2. Синхротронное излучение. Интенсивные атто- и фемто-секундные лазеры. Двухфотонные процессы, стимулированное.
3. Рамановское рассеяние и другие оптические эффекты.

7. Бионаносистемы.

1. Классификация, методы получения.
2. Использование плазмонных возбуждений нано кластеров для диагностики и лечения заболеваний.
3. Наноконтейнеры. Оптические свойства биотканей и плазмонные резонансы.
4. Кластеры-зонды.
5. Фотодеструкция клеток.

8. Спинтронные наносистемы.

1. Получение, свойства, физические принципы работы.

9. Методы теоретического и экспериментального исследования наносистем.

1. Теоретические модели и их использование. Элементарная теория Друде.

2. Правила сумм. Теория функционала плотности (DFT) как базовый микроскопический метод изучения наносистем.
3. Функционал Кона-Шема и обменно-корреляционный член.
4. Классификация экспериментальных методов исследования. Сравнение и характеристики.

Вопросы для устного опроса.

1. Что такое нанотехнологии и какие возможности они предоставляют для создания новых материалов и устройств?
2. Какие основные принципы лежат в основе работы наноматериалов и наноструктур?
3. Чем отличается поведение наноматериалов от их макроскопических аналогов?
4. Какие методы синтеза наноматериалов используются в современной науке и промышленности?
5. В чем состоит принцип работы наноустройств, таких как нанотрубки или квантовые точки?
6. Какие примеры применения нанотехнологий можно найти в повседневной жизни?
7. Какие вызовы и проблемы существуют при работе с наноматериалами и наноструктурами?
8. Какие перспективы развития нанотехнологий и их применения в будущем?
9. Какие области науки и техники наиболее активно используют наноматериалы и наноструктуры?
10. Какие этические и социальные вопросы возникают при разработке и использовании нанотехнологий?

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.

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

2.1 ТЕМЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

1. Электронная микроскопия субатомного разрешения.
2. Зондовые методы исследования наносистем.
3. Дифракционные методы исследования наносистем.
4. Пленки Ленгмюра – Блоджетт как модель биологических мембран.
5. Жидкие кристаллы.
6. Пьезоэффект в сегнетоэлектрических полимерах.
7. Методы получения наночастиц.
8. Наносистемы, обладающие магнитными свойствами.
9. Биосистемы в нанотехнологии.
10. Углеродные наноматериалы.
11. Наносистемы для адресной доставки лекарств.
12. Взаимодействие одиночного атома с лазерными полями.
13. Методы генерации рентгеновского и ультрафиолетового излучения.
14. Исследование основных свойств наночастиц и их влияние на механические, тепловые и электрические свойства материалов.
15. Исследование эффектов квантовой конфайнмента в наночастицах и их использование для создания новых материалов с уникальными свойствами.

16. Исследование методов синтеза наночастиц и их структурирование для создания наноматериалов с определенными свойствами.

17. Исследование влияния наночастиц на магнитные и оптические свойства материалов и их применение в различных областях науки и техники.

18. Исследование динамики наночастиц и их взаимодействия с окружающей средой для разработки методов для контроля наночастиц в различных системах.

Шкала оценивания курсовых проектов: 100-балльная.

Критерии оценивания:

85-100 баллов (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если тема курсового проекта раскрыта полно и глубоко, при этом убедительно и аргументированно изложена собственная позиция автора по рассматриваемому вопросу; курсовой проект демонстрирует способность автора к сопоставлению, анализу и обобщению; структура курсового проекта четкая и логичная; изучено большое количество актуальных источников, включая дополнительные источники, корректно сделаны ссылки на источники; самостоятельно подобраны убедительные примеры; основные положения доказаны; сделан обоснованный и убедительный вывод; сформулированы мотивированные рекомендации; выполнены требования к оформлению курсового проекта.

70-84 баллов (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если тема курсового проекта раскрыта, сделана попытка самостоятельного осмысления темы; структура курсового проекта логична; изучены основные источники, правильно оформлены ссылки на источники; приведены уместные примеры; основные положения и вывод носят доказательный характер; сделаны рекомендации; имеются незначительные погрешности в содержании и (или) оформлении курсового проекта.

50-69 баллов (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если тема курсового проекта раскрыта неполно и (или) в изложении темы имеются недочеты и ошибки; отмечаются отступления от рекомендованной структуры курсового проекта; количество изученных источников менее рекомендуемого, сделаны ссылки на источники; приведены самые общие примеры или недостаточное их количество; вывод сделан, но имеет признаки неполноты и неточности; рекомендации носят формальный характер; имеются недочеты в содержании и (или) оформлении курсового проекта.

0-49 баллов (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если тема курсового проекта не раскрыта и (или) в изложении

темы имеются грубые ошибки; структура курсового проекта нечеткая или не определяется вообще; количество изученных источников значительно менее рекомендуемого, неправильно сделаны ссылки на источники или они отсутствуют; не приведены примеры или приведены неверные примеры; отсутствует вывод или автор испытывает затруднения с выводами; не соблюдаются требования к оформлению курсового проекта.

2.2 БАНК ВОПРОСОВ И ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ

1. Какое из высказываний соответствует определению нанотехнологии, данному в Национальной нанотехнологической инициативе США?

- a. Нанотехнология — это технология создания наноматериалов
- b. Нанотехнология — это технология будущего
- c. Суть нанотехнологии в создании наномеханизмов
- d. Сущность нанотехнологии в способности работать на молекулярном уровне, атом за атомом создавать большие структуры с фундаментально новой молекулярной организацией

2. Положение нанообъектов на шкале размеров, исследуемых современной наукой.

- a. $10^{-6} - 10^{-5}$ м
- b. $10^{-3} - 10^{-2}$ м
- c. $10^{-10} - 10^{-9}$ м
- d. $10^{-9} - 10^{-7}$ м
- e. $10^{-9} - 10^{-7}$ мм

3. Какой метод не относится к основным методам получения углеродных нанотрубок и нановолокон?

- a. Дуговой
- b. Лазерно-термический
- c. Пиролитический
- d. Биотехнологический

4. Фуллерит – это ...

- a. углеродная нанотрубка
- b. кристаллическая ячейка алмаза
- c. то же, что и графит
- d. протяженная цилиндрическая углеродная структура
- e. модификация углерода C_{60}

5. К нульмерным наноструктурам относятся ...

- a. углеродные нанотрубки
- b. квантовые точки
- c. гетероструктуры
- d. Нанокompозиты

6. Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер?

- a. Должен быть гибким с известной жесткостью
- b. Должен проводить электрический ток
- c. Должен быть выполнен из магнитного материала
- d. Должен быть выполнен из закалённой стали

7. Какой из микроскопов изобретён позже остальных?

- a. Сканирующий зондовый микроскоп
- b. Сканирующий туннельный микроскоп
- c. Растровый микроскоп
- d. Просвечивающий электронный микроскоп

8. Где был изобретён сканирующий зондовый микроскоп?

- a. В России, в физико-техническом институте им. Иоффе
- b. В США, IBM
- c. В германском филиале IBM
- d. В швейцарском филиале IBM

9. Кто ввел в научную литературу термин “наноматериалы”?

- a. Г. Глейтер
- b. Ж. Алферов
- c. Р. Фейнман
- d. Э. Дрекслер

10. Если поместить тонкий слой полупроводника с широкой запрещённой зоной между двумя полупроводниками с узкой запрещённой зоной то получится ...

- a. квантовая точка
- b. квантовая яма
- c. квантовый барьер
- d. квантовая игла

11. Как называется самая высокая энергетическая зона в энергетическом спектре полупроводников?

- a. зона проводимости

- b. запретная зона
- c. валентная зона
- d. квантовая зона

12. Какая величина не входит в уравнение Гиббса – Томсона?

- a. Температура плавления
- b. Свободная поверхностная энергия
- c. Изменение теплосодержания
- d. Вязкость кристаллита

13. Что такое молекулярный ассемблер?

- a. Мельчайшая частица атома
- b. Молекулярная машина, которая запрограммирована строить молекулярную структуру из более простых химических блоков
- c. Субклеточная частица
- d. Коллоидный ансамбль ПАВ

14. Какое свойство характерно для микроэмульсии?

- a. Является прозрачной жидкостью
- b. Имеют тёмно-серый цвет
- c. Является непрозрачной жидкостью
- d. Является хорошим проводником электричества

15. Какие из наноструктур являются термодинамически неустойчивыми?

- a. Микроэмульсии
- b. Мицеллы
- c. Углеродные нанотрубки
- d. Наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией

16. Что отражает уравнение Гиббса – Томсона?

- a. Взаимосвязь поверхности объекта и его объема
- b. Взаимосвязь температуры плавления кристаллита и вязкости
- c. Взаимосвязь изменения теплосодержания кристаллита и его состава
- d. Взаимосвязь температуры плавления кристаллита и кривизны ограничивающей его поверхности

17. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на ...

- a. Дифракции рентгеновских лучей
- b. Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический

промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой

- c. Просвечивании образца рентгеновскими лучами
- d. Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200 – 400 кВ

18. Что не может являться супрамолекулярным ансамблем?

- a. Везикула
- b. Мицелла
- c. Микроэмульсия
- d. Правильного ответа нет

19. Обращаются ли в нуль волновые функции на границе квантовой ямы?

- a. Да
- b. Нет
- c. Вопрос поставлен некорректно
- d. Ответ зависит от ширины квантовой ямы

20. Почему квантовые точки называют искусственными атомами?

- a. Квантовая точка, как и атом, имеет ядро
- b. Квантовая точка может вступать в химические реакции подобно атомам
- c. Квантовая точка имеет размеры атома
- d. В квантовой точке движение ограничено в трёх направлениях и энергетический спектр полностью дискретный, как в атоме

21. Фуллерен – это ...

- a. Железосодержащая наноструктура
- b. Углеродная нанотрубка
- c. Семейство шарообразных полых молекул общей формулы C_n
- d. Плоский лист графита мономолекулярной толщины

22. Что такое кантилевер?

- a. Компьютерный блок в силовом микроскопе
- b. Компьютерная программа обработки данных сканирующего микроскопа
- c. Подложка для образцов в растровом микроскопе
- d. Зонд в сканирующем силовом микроскопе

23. Как величина туннельного тока при работе туннельного микроскопа зависит от расстояния между острием иглы и исследуемым

образцом?

- a. Линейно возрастает с уменьшением расстояния
- b. Линейно уменьшается с уменьшением расстояния
- c. Экспоненциально возрастает с уменьшением расстояния
- d. Экспоненциально уменьшается с уменьшением расстояния

24. По номенклатуре ИЮПАК фуллерен C_{70} обозначается символом $(C_{70}-I_{5h})[5,6]$. Что означают цифры в квадратных скобках?

- a. Группу симметрии
- b. Литературные ссылки
- c. Диаметр фуллерена в нанометрах
- d. Число атомов в кольцах

25. Соединения фуллеренов, в которых присоединённые атомы, ионы или молекулы находятся снаружи углеродной оболочки, называются ...

- a. Экзоэдральные соединения
- b. Эндоэдральные соединения
- c. Супрадральные соединения
- d. Парадральные соединения

26. Какие наноструктуры обнаружены в шунгитовых породах?

- a. Однослойные нанотрубки
- b. Фуллерены
- c. Липосомы
- d. Магнитные жидкости

27. Как меняется вклад межфазной области в общие свойства объекта при уменьшении его размера?

- a. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта уменьшается
- b. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта увеличивается
- c. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через максимум при 100 нм
- d. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через минимум при 100 нм

28. Что означает относящийся к созданию нанобъектов термин "Bottom up"?

- a. Создание наноструктурированного слоя на поверхности объекта
- b. Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул
- c. Диспергирование, уменьшение размера нанобъектов
- d. Создание наноструктурированного слоя методом сублимации вещества

29. Нанотрубки – это ...

- a. протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах
- b. семейство шарообразных полых молекул общей формулой C_n
- c. протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей
- d. металлоорганические витые полимеры

30. Что такое CVD?

- a. Испарение и осаждение в инертной среде
- b. Испарение и осаждение в реакционной среде с получением новых соединений
- c. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез
- d. Электронный чип на основе квантовой точки

31. В каких устройствах применяется магнитная жидкость?

- a. Кинескопы
- b. Транзисторы
- c. Устройства смазки магнитных лент
- d. Динамики

32. Что означает относящийся к созданию нанобъектов термин "Top down"?

- a. Диспергирование, уменьшение размера объекта
- b. Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул
- c. Создание наноструктурированного слоя на нижней поверхности объекта
- d. Создание наноструктурированного слоя осадительными методами

33. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?

- a. Изменение свойств нанообъектов в зависимости от размераэлементов их структуры
- b. Изменение размера нанообъектов в зависимости от внешних условий
- c. Изменение свойств нанообъектов в зависимости от внешних условий
- d. Изменение размера нанообъектов в зависимости от состава

34. Магнитная жидкость – это ...

- a. расплавленный магнит
- b. извесь ферромагнитных частиц в жидкости
- c. жидкость, подвергнутая магнитной обработке
- d. жидкости, изменяющие удельный объем при намагничивании

35. Укажите правильную последовательность видов литографии в зависимости от уменьшения размера получаемых элементов интегральных схем (ИМС)

- a. Оптическая › УФ-литография › Рентгеновская › Электронно-лучевая
- b. Электронно-лучевая › Рентгеновская › УФ-литография › Оптическая
- c. Рентгеновская › УФ-литография › Оптическая › Электронно-лучевая
- d. УФ-литография › Оптическая › Электронно-лучевая › Рентгеновская

36. Прекурсор – это ...

- a. аппарат для получения наночастиц
- b. любое исходное вещество в химической реакции получения наночастиц
- c. исходное вещество, которое становится необходимой, существеннойчастью продукта
- d. вещество-катализатор при получении наночастиц

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

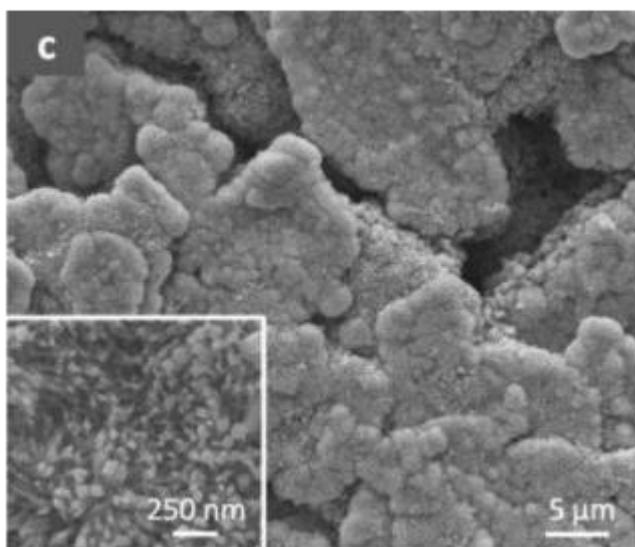
Критерии оценивания результатов тестирования:

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

2.3 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ

1. Наноструктурированный источник тока

Использование наноструктурных электродов – один из потенциальных способов повышения эффективности химических источников тока. Один из электродов приготовили по следующей методике. При комнатной температуре смешали концентрированные растворы соли X и гидроксида натрия, последний был взят в небольшом избытке. Смесь перемешивали в течение нескольких минут, затем выпавший желто-зеленый осадок Y отделили и высушили. К высушенному веществу Y добавили 4.7 M H₂SO₄, полученную смесь снова высушили и подвергли электрохимическому окислению в серной кислоте. В результате образовались дендритные нанокристаллы вещества Z (см. рис.), которые использовали в качестве катода в химических источниках тока. Известно, что: а) масса Y в 1.484 раза меньше массы X, взятого для синтеза; б) Y и Z – бинарные соединения одного и того же качественного состава, в которых массовая доля одного из элементов отличается на 6.2%.



1. Определите формулы веществ X – Z. Ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения проведенных реакций.
3. Напишите уравнения полуреакций, протекающих на катоде и аноде при разрядке и зарядке источника тока. Один из электродов – вещество Z, другой электрод и электролит выберите самостоятельно.

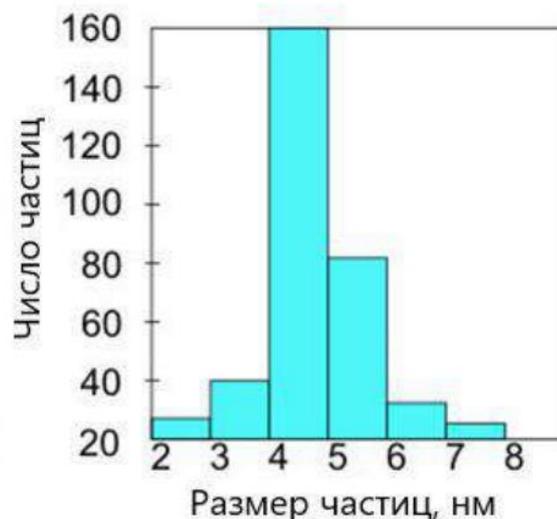
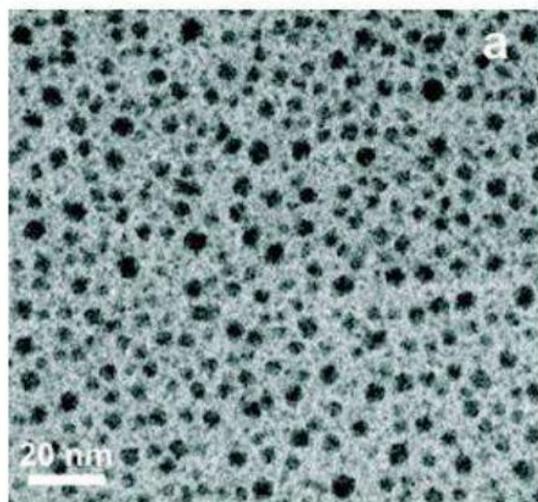
2. Частицы золота

Наночастицы золота синтезировали по следующей методике: раствор HAuCl_4 смешали в определенном соотношении с раствором ароматической кислоты X в избытке щелочи при комнатной температуре, затем добавили твердый NaBH_4 . Образовавшуюся смесь коллоидных частиц разного размера разделили путем многократного центрифугирования. В результате были получены частицы фиксированного состава, молекулярную массу которых определяли с помощью масс-спектрометрии и гель-электрофореза. Частица, содержащая 204 атома золота и некоторое число остатков кислоты, имела массу 52348 Да, а частица, в которой было на 7 атомов золота и на 3 остатка меньше, весила 50513 Да. Частицы Y массой 26782 Да оказались настолько устойчивыми, что из них удалось вырастить монокристалл и определить пространственную структуру методом рентгеноструктурного анализа.

1. Установите структурную формулу органической кислоты X, если известно, что она содержит серу, а ее молекула симметрична.
2. Сколько атомов золота и остатков кислоты входят в состав самой устойчивой частицы Y?
3. Наночастицы состоят из металлического ядра и остатков кислоты, связанных с атомами на поверхности. Оцените радиусы частицы Y и ее ядра, считая их сферическими. Радиус атома золота равен 0.144 нм, плотноупакованные сферы занимают 74% пространства. Размер молекулы X

оцените самостоятельно, используя справочные данные о длинах связей.

3. Распыление наночастиц



Для нанесения на подложку массива наночастиц индия экспериментаторы испарили в напылительной вакуумной камере небольшую массу $m = 5$ г индия (In). Остаточное давление в напылительной камере составляло 10^{-3} мм рт. ст. Давление насыщенных паров In приблизительно описывается формулой

$$\log(p) = 8,18 - \frac{1260}{T},$$

где p – давление в мм рт.ст., T – абсолютная температура. Напряжение, подаваемое на нагревательный элемент $U = 20$ В, а ток протекающий $I = 5$ А.

1. Рассчитайте минимальное время, необходимое для распыления всей массы. Полагать, что энергия передается массе In целиком и мгновенно.

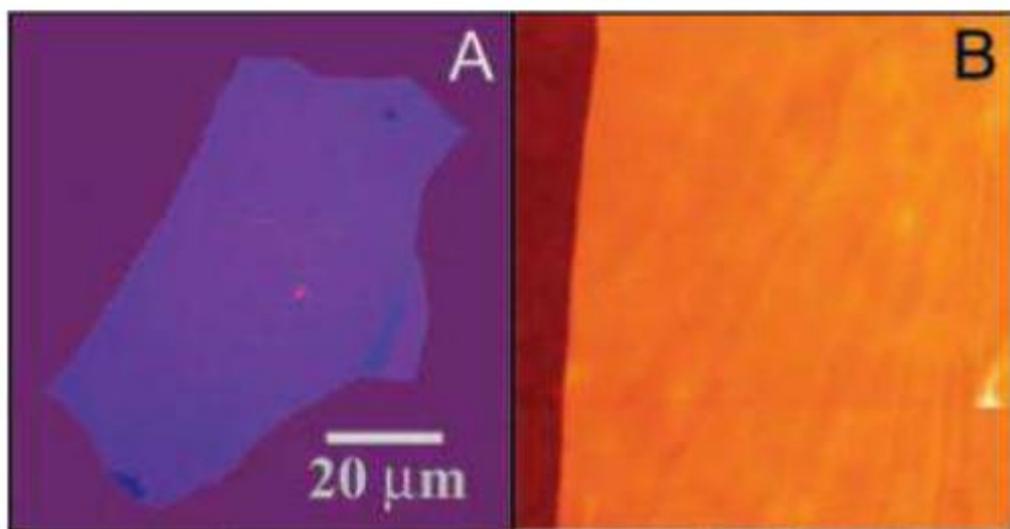
2. В результате напыления масса индия осела на подложке в виде наночастиц. Далее подложку с наночастицами In использовали для формирования полупроводниковых нанонитей, а металлические наночастицы использовались как центры роста. В процессе формирования полупроводниковых нанонитей выяснилось, что наночастицы In плавятся при температуре около 130 °С.

3. Почему температура уменьшилась? В каком случае изменение температуры плавления наночастиц In может превысить 20%. Приведите численную оценку.

4. Графен под микроскопом

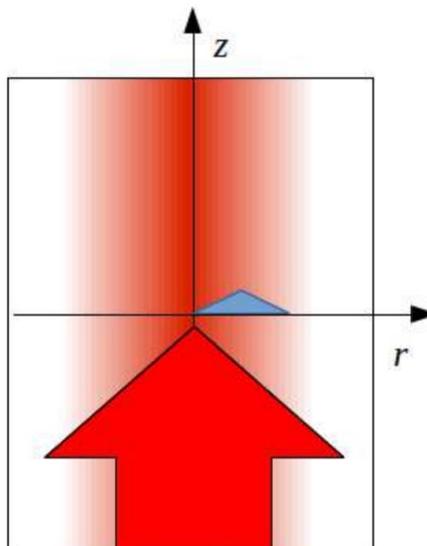
В одной из пионерских статей К.С. Новоселова и А.К. Гейма, опубликованной в журнале Science в 2004 году, описаны уникальные

свойства графена. В журнале приведены изображения многослойной пленки графена, находящейся на кремниевой пластине. Верхний слой пластины окислен и представляет из себя слой SiO_2 . На рисунке представлены изображения, полученные в оптическом микроскопе (А) и в атомно-силовом микроскопе (В). (А) Изображение, полученное в оптическом микроскопе (в белом свете) относительно большой многослойной чешуйки графена толщиной 3 нм поверх окисленной пластины Si. (В) Изображение, полученное на атомно-силовом микроскопе (АСМ), области размером 2 x 2 мкм этой чешуйки вблизи её края. Цвета: темно-коричневый, поверхность SiO_2 ; оранжевый, высота 3 нм над поверхностью SiO_2 .



1. Как изменились бы изображения чешуйки (А) и (В), если бы она лежала непосредственно на кремниевой пластине? Объясните.
2. Какова минимальная толщина слоя оксида, если наблюдается такая картина, как на рис. (А)?
3. Почему чешуйка графена на рис. А имеет синий цвет, а слой SiO_2 – фиолетовый? Какую картину можно наблюдать в оптический микроскоп, если чешуйка будет
 - а) в 3 раза толще
 - б) в 3 раза тоньше?

5. Оптический пинцет



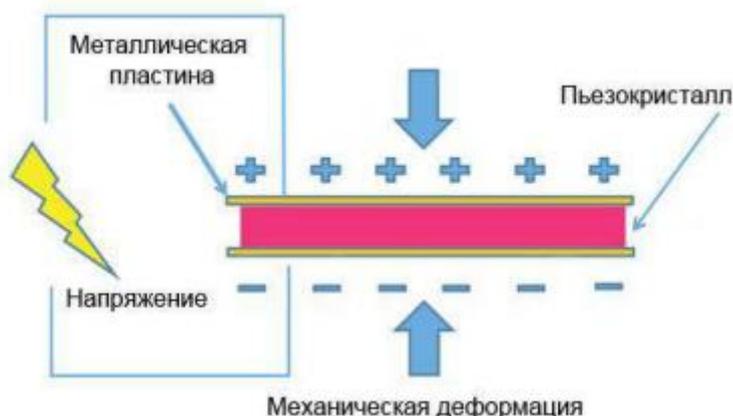
В 2018 году Нобелевская премия по физике была присуждена за изобретение оптического пинцета и его применение в биологических системах. С помощью оптического пинцета можно манипулировать отдельными наночастицами. Один из подходов, объясняющих возможность удерживать наночастицу лазерным лучом, – геометрическая оптика. Наночастица имеет форму тонкой треугольной призмы, в основании которой – равнобедренный треугольник. Основание равнобедренного треугольника 200 нм. Угол между боковыми сторонами треугольника $\alpha = 120^\circ$. Показатель преломления призмы $n = 1.7$. Наночастица облучается лазерным пучком, имеющим гауссово распределение интенсивности

$$I(r) = I_0 \cdot \exp\left(\frac{-r^2}{2 \cdot \sigma^2}\right),$$

$\sigma = 200$ нм. Центр пучка совпадает с осью z . Наночастица сместилась от центра пучка, так что левый край совпадает с осью z , а излучение падает нормально на боковую грань (см. рис.).

1. Изобразите ход лучей на рисунке.
2. Используя рисунок, объясните возникновение градиентной силы.
3. Найдите угол возникающей градиентной силы относительно оси z , с учетом данных задачи. Интегралы можно рассчитать численно.
4. Какая еще сила действует на наночастицу со стороны лазерного пучка?

6. Нанопозиционер



Для прецизионных перемещений исследуемых объектов с шагом в нанометровом диапазоне применяют пьезоэлектрические поддачи, принцип действия которых основан на обратном пьезоэлектрическом эффекте – возникновении механической деформации (растяжения или сжатия) пьезокристалла под действием приложенного к нему напряжения. Впервые данный эффект был обнаружен для кристаллов кварца, причем было замечено, что величина вызываемого механического напряжения σ в кристалле прямо пропорциональна приложенной разности потенциалов U и обратно пропорциональна его толщине d . Оцените абсолютную деформацию Δd кристалла кварца толщиной $d = 1$ см, вызванную прикладываемым напряжением $U = 100$ В, если известно, что в отсутствие внешнего электрического поля на металлических пластинах, между которыми зажат пьезокристалл, возникает разность потенциалов $U_0 = 60$ В за счет прямого пьезоэлектрического эффекта. Деформации считайте малыми. Модуль Юнга для кварца примите равным 73 ГПа, атмосферное давление – 10^5 Па.

7. Оптический профилометр

Для определения шероховатости поверхностей используют специальные приборы – профилометры. Принцип действия оптического бесконтактного профилометра основан на получении интерференционной картины, образующейся за счет сложения лучей, испускаемых источником света, отраженных от исследуемой поверхности и от опорного зеркала (см. рис.). Эта картина регистрируется цифровой камерой, а последующий количественный анализ сдвига интерференционных полос в процессе сканирования позволяет восстановить профиль исследуемой поверхности с высоким разрешением.



1. Оцените, какую минимальную высоту неровности исследуемой поверхности можно измерить с помощью оптического профилометра с источником монохроматического света ($\lambda = 370$ нм), если известно, что в процессе анализа смещений интерференционных полос можно различать смещения вплоть до сотых долей периода интерференционной картины.

2. Как изменится минимально детектируемая высота неровностей, если будет использован источник не монохроматического, а белого света?

8. Плотнупакованные нанокристаллы

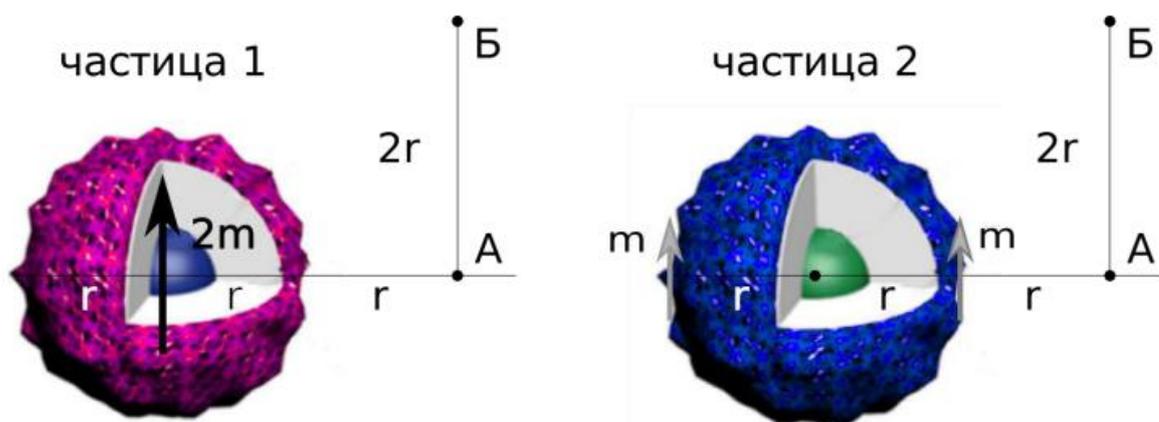
Как известно, при переходе от макроскопических объектов к наночастицам многие свойства одного и того же вещества существенно меняются (так называемый размерный эффект). Так, например, теплоемкость наночастиц металлов заметно возрастает по сравнению с теплоемкостью объемных образцов, в то время как температура плавления наоборот уменьшается.

1. Оцените линейный размер нанокристалла меди, при котором размерный эффект становится существенным. В качестве оценки энергии электронов использовать энергию Ферми при комнатной температуре, а также учесть, что эффективная масса электрона для меди совпадает с массой свободного электрона. Некоторые из проявлений размерного эффекта могут

быть объяснены перестройками структуры кристаллической решетки при уменьшении линейных размеров кристаллов до нескольких нанометров. Действительно, столь малым кристаллам (нанокристаллам) оказывается энергетически выгодно перестроить свою структуру так, чтобы площадь поверхности была наименьшей, т.е. упаковка атомов становится более плотной.

2. Оцените относительное изменение плотности нанокристалла вольфрама по сравнению с плотностью объемного вольфрама, если известно, что при переходе от макро- к нанокристаллам структура кристаллической решетки вольфрама изменяется от кубической объемноцентрированной к кубической гранецентрированной, а постоянная решетки при этом уменьшается на 2 %.

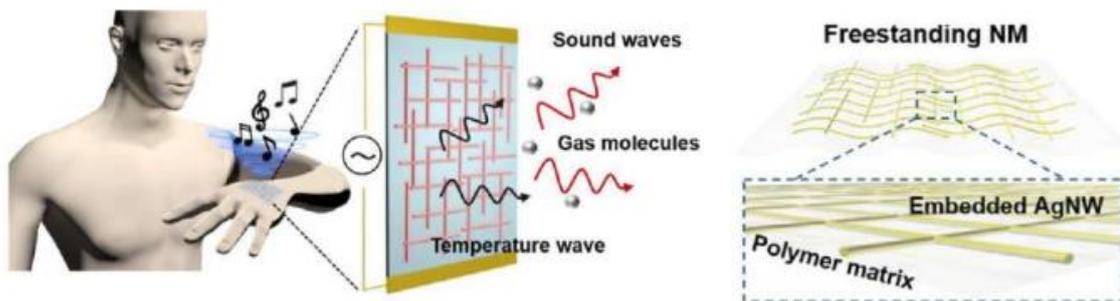
9. Магнитные наночастицы



Для «подкрашивания» определенных органов на изображениях магнитно-резонансной томографии (МРТ) ученые используют магнитные наночастицы. Такие наночастицы, как правило, имеют диаметр d 100-200 нм, хотя собственно магнитная часть может быть значительно меньше по размерам. Так, частицы могут содержать магнитные атомы гадолиния в центре, окруженные немагнитной оболочкой, либо, наоборот, атомы гадолиния могут находиться на поверхности. Для простоты рассмотрим частицу 1 с магнитным точечным диполем в центре наночастицы (магнитный момент равен $2m$), и частицу 2 с двумя магнитными диполями на поверхности наночастицы с магнитным моментом m .

1. Почему магнитные частицы “подкрашивают” изображение МРТ?
2. Почему диаметр наночастиц лежит в диапазоне 100-200 нм?
3. Во сколько раз отличаются магнитные поля, создаваемые частицами 1 и 2 в точках А и Б?

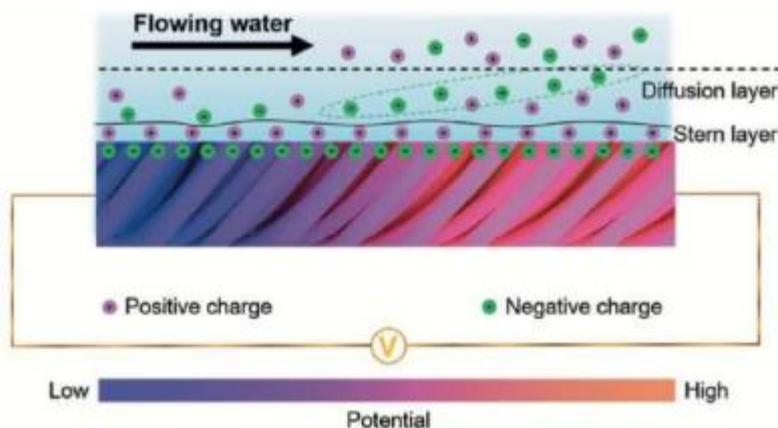
10. Нанодинамик



Корейские ученые разработали акустическую мембрану, представляющую из себя сетку пересекающихся серебряных нанонитей диаметром 10 нм в полимерной матрице. При подключении аудиосигнала мембрана воспроизводит музыку, даже будучи наклеенной на человеческое тело. К краям мембраны на расстоянии $L = 1$ см подключен источник переменного напряжения $U = 1$ В.

1. На сколько увеличится температура нанонитей при воспроизведении звука с частотой $\nu = 10$ кГц?
2. На какую величину возрастает радиус нанонити при воспроизведении?

11. Кровяной наногенератор



Необычный наногенератор, способный получать энергию из кровотока, предложили китайские ученые. Генератор представляет из себя одномерную структуру из многостенных углеродных нанотрубок. Из-за наличия заряда в жидкости на поверхности структуры образуется двойной электрический слой из неподвижных катионов натрия и анионов хлора с радиусом $r = 0.2$ нм, которые могут перемещаться в тонком диффузионном слое вдоль поверхности. В момент сердечного сокращения скорость кровотока на поверхности структуры, v , достигает 1 мкм/с. Найдите разность потенциалов, U , на границах структуры из нанотрубок длиной $L = 1$ мм, если

известно, что во время сердечных сокращений ионы хлора около центра структуры неподвижны. Вязкость крови, η , составляет 5 мПа·с.

12. Просвечивающий электронный микроскоп

Известно, что для изучения наночастиц используют электронные микроскопы, а не оптические. Принципиальное отличие заключается в том, что анализируемые объекты облучают не сфокусированным пучком света, а высокоэнергетическими электронами, движущимися под действием ускоряющего напряжения (разности потенциалов), величину которого можно изменять в зависимости от решаемой задачи. Однако, при прохождении через вещество электроны встречают на своём пути различные препятствия в виде ядер, занимающих определённые позиции, и электронов, распределённых между ними. Первым механизмом рассеяния можно пренебречь вследствие довольно малых размеров ядер, поэтому определяющее влияние оказывает электронная плотность. Например, глубину проникновения ускоренных электронов в золото можно оценить по эмпирической формуле

$$h = \frac{E^{1,67}}{2n},$$

где h – глубина проникновения (см), E – энергия электронов (кэВ), n – модуль объёмной плотности заряда электронов (Кл/см³). Для справки: Плотность золота равна 19,3 г/см³. Параметр решётки составляет 4,078 Å.

1. Оцените наименьшее ускоряющее напряжение, при котором электроны смогут насквозь пройти золотую плёнку толщиной 50 мкм.

2. Определите длину волны де Бройля электронов, обладающих такой энергией.

3. Можно ли с помощью электронов, обладающих такой энергией, получить информацию о кристаллической структуре золота? Ответ обоснуйте.

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.