

Курсы вариативной части магистерской программы "Физика наносистем"

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ООП

Физика конденсированного состояния вещества

Лектор: д. ф.-м. н., профессор **Кульбачинский Владимир Анатольевич**
(кафедра физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	1
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-2, М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Цель курса – дать базовые знания по физическим свойствам конденсированных сред. Курсе рассматривается структура электронных оболочек атомов, свойства молекул, атомные и молекулярные орбитали и силы взаимодействия между структурными единицами, приводящие к возникновению конденсированного состояния вещества. Рассматриваются кристаллические решетки Браве, ячейка Вигнера–Зейтца. Вводится концепция квазичастиц, позволяющая рассматривать элементарные возбуждения ансамблей сильно взаимодействующих частиц в твердом теле как слабо-неидеальный газ элементарных возбуждений. В первую очередь показываются особенности поведения фононов и электронов. Строятся зоны Бриллюэна и поверхности Ферми. Приводятся начальные сведения по квантованию энергетического спектра электронов в магнитном поле.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные принципы построения атомных и молекулярных орбиталей, двумерные и трехмерные прямые и обратные решетки. Свойства фононов и электронов в твердом теле.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию программы для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является базисом к дисциплинам: Методы получения наносистем и наноматериалов, Молекулярные основы живых систем, Введение в физику наноструктур, Физика «мягких» (неупорядоченных, аморфных, полимерных и жидких) сред, Оптика наносистем, Физическая химия нанобиосистем, Процессы в наноструктурах и электронных устройствах на основе квантования магнитного потока и электрического заряда, Физика магнитных наносистем, Сканирующая зондовая микроскопия, Фотонные кристаллы и метаматериалы, Структурная физика наноматериалов, Нанотехнологии в сенсорах для молекулярного анализа, Физика поверхности твердого тела, Введение в науку о полимерах, Физика нанокремниевых материалов, Химия конденсированного состояния вещества и наносистем.

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины: Методы получения наносистем и наноматериалов, Молекулярные основы живых систем, Введение в физику наноструктур, Физика «мягких» (неупорядоченных, аморфных, полимерных и жидких) сред, Оптика наносистем, Физическая химия нанобиосистем, Процессы в наноструктурах и электронных устройствах на основе кванто-

вания магнитного потока и электрического заряда, Физика магнитных наносистем, Сканирующая зондовая микроскопия, Фотонные кристаллы и метаматериалы, Структурная физика наноматериалов, Нанотехнологии в сенсорах для молекулярного анализа, Физика поверхности твердого тела, Введение в науку о полимерах, Физика наноуглеродных материалов, Химия конденсированного состояния вещества и наносистем.

1. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский, Квазичастицы в физике конденсированного состояния, изд-во Физматлит, М., 2005, 2007.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. В.А. Кульбачинский, Е.В. Богданов, В.Г. Кытин, Специальный физический практикум по физике низких температур, учебное пособие, Физический факультет МГУ, 2009.

2. Н. Ашкрофт, Н. Мермин - Физика твердого тела, Москва, Мир, 1979 г.

3. Ч. Киттель Введение в физику твердого тела, М. Наука, 1978 г

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. В.А. Кульбачинский, Р.А. Лунин, В.А. Рогозин и др, ФТТ, т.45, 725 (2003).

2. V.A. Kulbachinskii, S.G. Ionov, S.A. Lapin, et.al, Phys.Rev.B., v.51, 10313 (1995).

3. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский, Ю.Е. Лозовик и др, ФТТ, т.31, 73 (1989).

4. В.А. Кульбачинский, Л.Ю. Щурова, Термодинамические, транспортные и магнетотранспортные свойства свободных носителей заряда в легированных марганцем структурах с квантовой ямой GaAs/InGaAs/GaAs, ЖЭТФ, т.136, 135 (2009).

5. В.А. Кульбачинский, Б.М. Булычев, В.Г. Кытин, Р.А. Лунин, Сверхпроводимость и спектроскопия гомо- и гетерофуллеридов щелочных металлов и таллия, ФНТ, т.37, №3, 313-333 (2011).

6. Кульбачинский В.А., Гурин П.В., Тарасов П.М., и др., Транспорт, магнитотранспорт и ферромагнетизм в разбавленных магнитных полупроводниках, ФНТ, Т.33, 239 (2007).

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

<http://edu.sfu-kras.ru/node/89>

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится в форме 2 контрольных с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; вопросы и задачи для контрольных работ; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Понятие частиц в квантовой механике. Структурные единицы вещества.	1
Роль ядер, электронных оболочек, сил взаимодействия, статистики структурных единиц в формировании свойств конденсированных сред.	2
Геометрия волновых функций s, p, d, f состояний. Атомные орбитали.	3
Гибридные орбитали. Условия гибридизации. Построение гибридных орбиталей. Основные типы гибридных орбиталей, σ , π и δ связи. Молекулярные орбитали: связывающие, разрых-	4

ляющие и несвязывающие, многоцентровые и двухцентровые орбитали.	
Взаимодействия ван дер Ваальса. Молекулярные кристаллы. Ионные связи, ионные кристаллы. Ковалентные связи Металлическая связь. Водородная связь.	5
Кристаллическая структура и ее описание. Двумерные и трехмерные кристаллические решетки Браве. Элементы симметрии кристаллических решеток Браве. Энергия связи решетки, константа Маделунга и ее расчет. Ячейка Вигнера-Зейтца, ее построение. Обратная решетка. Построение обратных решеток для трехмерных решеток Браве.	6-7
Колебания кристаллической решетки. Фононы. Статистика фононов. Общая картина спектра колебаний кристаллической решетки. Колебания одномерной цепочки. Акустические фононы и их закон дисперсии. Оптические фононы и их закон дисперсии. Особенности распространения звуковых волн в трехмерных кристаллах. Зоны Бриллюэна.	8
Взаимодействие фононов. Тепловое расширение. Поверхности постоянной частоты фононов. Спектральная плотность фононов в трехмерном, двумерном и одномерном случаях.	9
Температура Дебая. Теплоемкость решетки в модели Дебая.	10
Электроны в потенциальном ящике. Распределение Ферми. Волновая функция частицы. Закон дисперсии электрона в решетке. Энергетические зоны.	11
Зоны Бриллюэна. Построение зон Бриллюэна для различных типов кристаллических решеток. Метод Гаррисона построения поверхностей Ферми.	12-13
Эффективная масса электронов. Различные способы введения понятия эффективной массы электронов в твердом теле.	14
Плотность электронных состояний в трехмерном, двумерном и одномерном случае.	15
Электронная теплоемкость. Электропроводность металлов. Закон Блоха.	16
Электроны в магнитном поле. Циклотронная масса. Траектория движения. Квантование энергетического спектра свободных электронов в магнитном поле. Параболы Ландау. Квантование энергетического спектра в магнитном поле электронов в реальных металлах.	17
Распределение квантованных магнитным полем электронов в пространстве импульсов. Спектральная плотность квантованных магнитным полем электронов.	18

Рабочая программа дисциплины ООП

Физические явления на поверхности твердого тела

Лектор: д.ф.-м.н., профессор **Козлов Сергей Николаевич**

(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	1
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часа
Семинаров:	
Практ. занятий:	
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3

Аннотация курса

Курс охватывает ряд актуальных аспектов физики поверхности твердых тел. Наиболее подробно рассматриваются электронные явления в приповерхностных областях, а также процессы электронного переноса в областях пространственного заряда и тонких пленках. Особое внимание уделяется поверхностным электронным состояниям, их происхождению и физическим параметрам. Обсуждаются основные экспериментальные методы получения информации о параметрах поверхностных электронных состояний. Значительное место в курсе уделяется вопросам, связанным со взаимодействием поверхности твердого тела с окружающей средой – адсорбционным явлениям. В последние годы затронутые в курсе проблемы становятся все более актуальными в связи с развитием нанотехнологий, разработкой новых молекулярных сенсоров, а также поиском новых эффективных катализаторов химических реакций.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные закономерности протекания электронных и физико-химических процессов на поверхности твердых тел, а также в приповерхностных областях, тонких пленках и наночастицах.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к специальному физическому практикуму и связан с дисциплинами “Физика полупроводников”, “Физика твердого тела”, “Основы наногетероструктурной электроники”.

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины "Основы наногетероструктурной электроники"

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. В.Ф. Киселев, С.Н. Козлов, А.В. Зотеев. Основы физики поверхности твердого тела, М., Изд-во МГУ, 1999.
 2. Э. Зенгуил. Физика поверхности. М., Мир, 1990.
 3. К. Оура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин, А.В. Зотов, М. Катаяма. Введение в физику поверхности, М.: Наука, 2006.
- Специальный физический практикум

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

Программное обеспечение и ресурсы в интернете <http://www.twirpx.com/file/358849/>

Контроль успеваемости **Промежуточная аттестация** проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; задания для практических (лабораторных) занятий; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты и компьютерные тестирующие программы; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Общее представление об основных физических процессах на поверхности твердых тел	1
Приповерхностная область пространственного заряда (ОПЗ). Основное уравнение ОПЗ в равновесии. Две системы параметров. Дебаевская длина экранирования.	2-3
Поверхностные избытки электронов и дырок. Заряд ОПЗ. Поверхностная проводимость.	4-5
Дифференциальная емкость ОПЗ. Ёмкость и протяженность ОПЗ в разных режимах.	6
Представление о квазиравновесии. ОПЗ в условиях квазиравновесия.	7
Квазиуровни Ферми и уровни инжекции. Поверхностная фотоэдс. ЭДС Дембера. Барьерная фотоэдс.	8
Поверхностные электронные состояния (ПЭС). Происхождение ПЭС. Адсорбционные ПЭС. Статистика заполнения ПЭС. Заряд ПЭС.	9
Дифференциальная емкость ПЭС при дискретном и квазинепрерывном энергетическом спектре ПЭС. Полная емкость поверхности полупроводника.	10
Взаимодействие локальных состояний с разрешенными энергетическими зонами. Сечения захвата. Центры захвата (прилипания) и центры рекомбинации носителей заряда.	11
Зависимость скорости поверхностной рекомбинации от поверхностного потенциала. Извлечение параметров ПЭС из экспериментальных данных. Влияние адсорбции.	12
Фотомагнитоэлектрический эффект (ФМЭ). Определение скорости поверхностной рекомбинации методом компенсации ФМЭ фотопроводимостью.	13
Размерные эффекты в приповерхностных слоях и тонких пленках. Классический размерный эффект по ширине ОПЗ.	14
Квантовые размерные эффекты. Волны де-Бройля. Квантование энергетического спектра низко-размерных систем. Экспериментальное наблюдение квантовых эффектов в тонких пленках и областях пространственного заряда.	15-16

Рабочая программа дисциплины ООП

Нанотехнологии в сенсорах для молекулярного анализа

Лектор: к.ф.-м.н., доцент Зайцев Владимир Борисович

доцент кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	профильный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	9
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	0 часов
Практ. занятий:	0 часа
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-2, М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Необходимость молекулярного анализа диктуется развитием современного индустриального общества, производящего огромное количество полезных предметов и веществ, и одновременно создающего проблемы вредных выбросов и побочных продуктов. В данном курсе лекций из всего обилия сенсоров уделено внимание твердотельным сенсорам для молекулярного анализа, то есть анализа состава газов и жидкостей. С развитием нанотехнологий и физики наносистем появились эффективные способы увеличения чувствительности сенсоров и принципиально новые материалы и покрытия, повышающие чувствительность и селективность сенсоров. Применение молекулярной электроники и биотехнологий позволяет создавать абсолютно новые подходы к разработке сенсорных устройств. В рамках курса студенты познакомятся с принципами построения молекулярных сенсоров на основе различных физических и химических эффектов и на основе био-структур. Одновременно студенты повторяют материал пройденных разделов физики, описывающих используемые в сенсорах явления.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные принципы построения и работы современных сенсоров для газового и жидкостного анализа, а также особенности применения при создании сенсоров нанотехнологий, биотехнологий и элементов молекулярной электроники.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс опирается как на базис и дополняет дисциплины: "Введение в физику полупроводников", "Физические явления на поверхности твердого тела", и "Биоорганическая химия" и часть курса "Радио- и ик спектроскопия твердотельных систем пониженной размерности".

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа. Данный курс и дисциплины "Основы молекулярной электроники", "Физика наносистем" и "... " являются взаимодополняющими.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

- В.Ф. Киселев, С. Н. Козлов, А. В. Зотеев. Основы физики поверхности твердого тела. М., МГУ, 1999.

- И.А. Мясников, В.Я. Сухарев, С.А. Завьялов, Л.Ю. Куриянов. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях. М., Техносфера, 1991.
- Г.С. Плотников, В. Б. Зайцев. Физические основы молекулярной электроники, М., Изд-во МГУ, 2000.
- Биосенсоры: основы и приложения / Под ред. Э. Тернера и др. М.: Мир, 1992.
- Б. Эггинс. Химические и биологические сенсоры, М. 2005

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Зайцев В.Б. Физические основы селективных полупроводниковых сенсоров. Москва МГУ, 2005.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. V. Zaitsev, R. Rosty, B. Kebbekus. The testing of a semiconductor-based adsorption modified photosensitive sensor for its response to a volatile organic compound, oxygen, humidity and temperature. SENSORS & ACTUATORS - PART B - CHEMICAL SENSORS – V. 107, pp. 347-352, 2005.
2. A.A. Zhukova, M.N. Rumyantseva, V.B. Zaytsev, J. Arbiol, L. Calvo-Barrio, A.M. Gaskov, Tin Oxide Wiskers: Antimony Effect on Structure, Electrophysical, Optical and Sensor Properties, in: Nanotechnological Basis for Advanced Sensors, Springer, 545 p., 2011.
3. K. Linga, E. Godik, E. V. Levin, J. Krutov, V. B. Zaitsev, V. E. Shubin, D. A. Shushakov, S. L. Vinogradov. Bio-sensing: the use of a novel sensitive optical detector. SPIE Vol. 6083, Optical Fibers and Sensors for Medical Diagnostics and Treatment Applications VI, pp. 76-85, 2006
4. V. B. Zaitsev, B. Kebbecus. The Use Of Vibronic Phenomena In Adsorption Phase For Developing Of Semiconductor Gas Sensors. MATERIALS SCIENCE, V.20, №3, P. 29-37, 2002.
5. K. Linga, E. Godik, J. Krutov, V. B. Zaitsev, V. E. Shubin, D. A. Shushakov, S. L. Vinogradov. Novel sensor for ultrasensitive and single-molecule detection. SPIE Vol. 6092, Ultrasensitive and Single-Molecule Detection Technologies pp. 216-225, 2006

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

[B. Kebbekus, V. Zaitsev, Development of semiconductor-based sensors for a sensor array device for the monitoring of organic gases, Web Publication <http://web.mit.edu/airquality/www/AR99/7m1.htm>](http://web.mit.edu/airquality/www/AR99/7m1.htm)

Интернет поисковые системы <http://www.yandex.ru> и <http://www.google.ru>

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса, посещаемость прошедших занятий, активность студентов на лекциях.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на лекциях; вопросы для промежуточной аттестации; вопросы к экзаменам; темы докладов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Общий обзор сенсоров. Основы устройства сенсорных систем.	1
Понятие о химических сенсорах. Основные требования к молекулярным сенсорам.	2
Проблема детектирования газов и жидкостей. Роль физики поверхности и нанотехнологий в построении сенсоров.	3
Сенсоры на основе различных полупроводниковых структур и наноструктур.	4-5
Классификация и характеристики реальных полупроводниковых сенсоров.	6
Вибронные взаимодействия в адсорбционной фазе на поверхности полупроводников.	7
Промежуточная аттестация.	8
Построение селективных полупроводниковых сенсоров с элементами молекулярной электроники.	9
Оптические и фотоакустические сенсоры.	10-11
Сенсоры массы. Пьезоэлектрические сенсоры, Сенсоры на поверхностных акустических волнах и атомносиловые сенсоры	12-13
Пироэлектрические сенсоры.	14
Биосенсоры.	15-16
Тенденции развития сенсоров	17
Консультация	18

Рабочая программа дисциплины ООП

Современные лазерные технологии

Лектор: чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. **Конов Виталий Иванович**
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	наносистемы и наноматериалы
Семестр:	1
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	зачёт
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Цель курса – сформировать представления о современной нанотехнологии и в том числе о лазерных микро - и нанотехнологиях, а также путях их развития, об основных технологических лазерах и особенностях их функционирования;

наделить опытом применения приобретенных знаний для выбора лазерного оборудования и разработки технологических приемов для решения конкретно поставленных исследовательских или производственных задач.

В курсе рассматриваются: основные технологические лазеры, особенности и характеристики; современные схемы облучения вещества; оптические свойства материалов; лазерный нагрев твердых тел; поверхностные термоупругие деформации; низкоинтенсивное излучение; лазерная абляция; лазерно-индуцированная плазма; поверхностные химические реакции; поверхность в зоне лазерного облучения; лазерные микро и нанотехнологии, медицина.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать современные нанотехнологии и в том числе о лазерных микро - и нанотехнологиях, направления их развития, основные технологических лазеры и особенности их функционирования

уметь использовать характерные особенности лазеров, в частности для: химического осаждения тонких пленок, сварки и резки, поверхностного плавления и упрочнения, очистки поверхности, а также применения лазеров в биомедицине при диагностике, томографии и лечении

владеть лазерным оборудованием и технологическими приемами для решения конкретно поставленных исследовательских или производственных задач.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию программы для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является базисом к дисциплинам: «Методы элементного анализа твердых тел», «Оптика твердого тела и систем пониженной размерности», «Оптика наносистем», «Физические явления на поверхности твердого тела»

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса не-

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины: «Методы элементного анализа твердых тел», «Оптика твердого тела и систем пониженной размерности», «Оптика наносистем», «Физические явления на поверхности твердого тела»

**обходимо как предше-
ствующего**

**Основные учебные по-
собия, обеспечивающие
курс**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., «Квантовая механика», М., физмат-лит, 2004-800 с.
2. Киттель Г., «Введение в физику твердого тела», М., «Наука», 1978 – 792 с.
3. Звелто О., «Принципы лазеров», М.: Мир, 1990 – 559 с. – ISBN 5-03-001053-X.
4. Быков В.П., Силичев О.О., «Лазерные резонаторы», М., физматлит, 2004 – 320с.
5. Тарасов Л.В., «Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения», М., Радио и связь, 1981 – 440 с.
6. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Хижняк А.И., «Физика лазеров», Киев, Вища школа, 1984 – 232 с.
7. Бруннер В., «Справочник по лазерной технике: Пер. с нем., М., Энергоатомиздат, 1991 – 544 с. – ISBN 5-283-02480-6.
8. Волькенштейн М., «Биофизика», М., Просвещение, 1980 – 615 с

**Основные учебно-
методические работы,
обеспечивающие курс**

Vitaly I. Konov. Laser Microtechnology. SPIE publication. Quebec, Canada, 1993.

**Основные научные
статьи, обеспечиваю-
щие курс**

1. А.И. Барчуков, Ф.В. Бункин, В.И. Конов, А.М. Прохоров. Низкопороговый пробой воздуха вблизи мишени излучением СО₂-лазера и связанный с ним высокий импульс отдачи. Письма в ЖЭТФ, т.11, вып.8, с.413-416, 1973.
2. В.П. Агеев, Л.Л. Буйлов, В.И. Конов, А.В. Кузмичев, С.М. Пименов, А.М. Прохоров, В.Г. Ральченко, Б.В. Спицын, Н.И. Чаплиев. Взаимодействие лазерного излучения с алмазными пленками. ДАН, т.303, №3, с.840-843, 1987.
3. V.I. Konov, A.M. Prokhorov, I. Ursu, I. Mihailescu. Laser heating of metals (монография). Adam Hilder series on Optics and Optoelectronics Bristol, Philadelphia, New York, p.1-240, 1990.
4. V.I.Konov, V.N. Tokarev. Suppression of thermocapillary surface waves in laser melting of metals and semiconductors. J.Appl.Phys., v.76, No.2, pp.800-805, 1994.
5. A.N. Grigorenko, V.I. Konov, P.I.Nikitin, A.M. Ghorbanzadeh, M.-L. Degiorgi, A. Perrone, A. Zocco. Ferromagnetic Liquid Droplets. Письма в ЖЭТФ, 67, № 9, с. 686-689, 1998.
6. В.И. Конов, В.В. Кононенко, С.М. Пименов, А.М. Прохоров, В.С. Павельев, В.А. Сойфер. Алмазная дифракционная оптика для СО₂-лазеров. Квантовая электроника, т.26, № 1, с.9-10, 1999.
7. V.I.Konov, V.B.Loschenov, A.M.Prokhorov. Photodynamic therapy and fluorescence diagnostics. Laser Physics, Vol 10, N 6, pp 1-20, 2000.
8. С.В.Гарнов, С.М.Климентов, В.И.Конов, Т.В.Кононенко, П.А.Пивоваров, А.М.Прохоров, Д.Брайтлинг, Ф.Даусингер. Роль плазмы в абляции материалов ультракороткими лазерными импульсами. Квантовая Электроника, Т.31, №5, С.378-382, 2001.
9. Е.М. Дианов, В.И. Конов, П.Г. Крюков, А.С. Лобач, Е.Д. Образцова, А.В. Таусенев. Эрбиевый волоконный лазер ультракоротких импульсов с использованием насыщающегося поглотителя на основе дуговых одностенных углеродных нанотрубок. Квантовая электроника 37 (9), с.847-852, 2007.
10. T.V. Kononenko, M. Meier, M.S. Komlenok, S.M. Pimenov, V. Romano, V.P. Pashinin, V.I. Konov, Microstructuring of diamond bulk by IR femtosecond laser pulses, Applied Physics A: Materials Science & Processing; Vol. 90 Issue

4, 645-651 (2008).

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

www.nsc.gpi.ru

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится 3 раза в семестр в форме контрольной с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации; вопросы и задачи для контрольных работ и тестов; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Введение. Исторический обзор и актуальность лазерных технологий обработки материалов.	1
Принципы работы лазеров. Схема построения, источники накачки. Открытые резонаторы и модовый состав излучения. Распространение гауссовых пучков. Основные параметры лазерного излучения.	2
Основные технологические лазеры. Особенности их функционирования и характеристики излучения.	3
Схемы облучения, используемые в современных лазерных технологиях: линзовая и зеркальная фокусировка; проекционная схема; методы сканирования; дифракционная оптика.	4
Оптические свойства материалов: отражательная и поглощательная способности, коэффициент поглощения света и методы их измерения; идеальная и реальная оптические поверхности; интерференционные явления; роль температуры и фазовых переходов; эффективная поглощательная способность.	5
Лазерный нагрев твердых тел: классификация условий облучения; одномерное и трехмерное приближения; облучение движущимся лазерным лучом; полезные формулы.	6
Поверхностные термоупругие деформации: теоретическая модель; аппроксимация коротких и длинных импульсов; изменение профиля облучаемой поверхности; необратимое разрушение материала.	7
Явления, инициируемые низкоинтенсивным излучением: флюоресценция; генерация носителей заряда; электронная эмиссия; фото и термодесорбция; термодиффузия; поверхностные электромагнитные волны.	8
Лазерная абляция: поверхностное плавление; пороги испарения материала; развитое испарение; абляция без теплоотвода; удаление жидкой фазы факелом паров.	9
Лазерно-индуцированная плазма: первоначальная ионизация газовой среды в зоне лазерного воздействия; лазерный нагрев плазмы; электронная лавина; образование плазмы в испаряемом веществе; разлет плазмы в вакуум; лазерный пробой газов; оптические разряды; энергетический баланс.	10
Поверхностные химические реакции: классификация; фотолитические процессы; термохимические реакции; положительная и отрицательная обратная связь; моделирование; газотранспортное лимитирование; особенности импульсного облучения; реакции на границе твердое тело – жидкость.	11
Поверхностные структуры в зоне лазерного облучения: примеры; резонансные и нерезонансные поверхностные структуры; теоретический подход.	12
Применение мощных лазеров (макротехнологии): поверхностное плавление и упрочнение; лазерная сварка и резка; лазерные реактивные двигатели; термоядерный синтез.	13
Лазерные нано и микротехнологии: очистка поверхности; фотолитография; поверхностное легирование, отжиг и изменение фазового состава; структурирование, профилирование и полировка поверхности; лазерный принтинг; микросверление; структурирование в объеме первоначально прозрачных материалов; химическое осаждение тонких пленок; лазерное напыление; лазерное прототипирование.	14

Лазерная медицина: общие представления о биотканях; оптическая диагностика; лазерная томография; фототерапия; лазерная хирургия, литотрипсия и коррекция зрения.	15
Перспективы развития лазерных технологий. Организация исследований и разработок в РФ. Международное научно-техническое сотрудничество.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Квантовая химия и теория строения молекул

Лектор: д.ф.-м.н., профессор Плотников Геннадий Семенович
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	Обязательный
Аудитория:	Специальный
Специализация:	
Семестр:	1
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-6

Аннотация курса

Данный курс подготовлен в рамках Приоритетных направлений развития МГУ “Система подготовки и воспроизводства кадров нового поколения” и “Энергоэффективность, наноматериалы и бионаносистемы”.

В курсе рассмотрен широкий круг вопросов, касающихся квантовохимических методов расчета молекул и различных молекулярных систем. Описаны физические принципы и приближения, лежащие в основе этих методов. Данные теоретические подходы необходимы при описании свойств устройств молекулярной электроники и наноструктур, используемых в таких устройствах.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные квантовохимические методы расчета молекул и их кластеров; уметь проводить качественный теоретический анализ и делать количественные оценки основных параметров молекулярных систем.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к специальному физическому практикуму и связан с дисциплинами «Физика конденсированного состояния вещества», «Введение в физику полупроводников», «Электронная и зондовая микроскопия», «Физические явления на поверхности твердого тела» и «Физика наносистем», «Основы молекулярной электроники»

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Специальный физический практикум, научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дипломная работа по дисциплинам: «Физика конденсированного состояния вещества», «Введение в физику полупроводников», «Электронная и зондовая микроскопия», «Физические явления на поверхности твердого тела» и «Физика наносистем», «Основы молекулярной электроники»

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Л. Цюликe. Квантовая химия. М. Мир. 1976, т.1.
2. Г.С. Плотников, В.Б. Зайцев. Физические основы молекулярной электроники. Москва. МГУ, 2000 г., 164 с.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Л.А. Блюменфельд, А.К. Кукушкин. Курс квантовой химии и строения молекул. М. МГУ, 1980., 135 с.
2. Н.Ф. Степанов. Квантовая механика и квантовая химия. М. Мир, 2001, 519с.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости	<p>Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.</p> <p>Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к лекциям.</p>
Фонды оценочных средств	<p>Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросы к экзамену; темы докладов и рефератов.</p>

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Введение. Перспективы развития молекулярной электроники. Проблема использования отдельных атомов, молекул и их комплексов в качестве логических элементов электронных устройств.	1
Слабые межмолекулярные связи. Силы Ван-дер-Ваальса. Ориентационное взаимодействие (эффект Кезома). Индукционное взаимодействие (эффект Дебая). Дисперсионное взаимодействие (эффект Лондона).	2
Химические связи. Характерные особенности строения органических молекул и полимеров. Гибридизация атомных орбиталей. Типичные химические σ и π -связи.	3
Понятие об основных квантовохимических методах описания электронной структуры органических молекул.	4
Вариационный метод, приближенное описание молекулярного иона водорода H_2^+ Теория гомеоплярной связи по Гайтлеру и Лондону.	5, 6
Постулаты Полинга. Приближение направленных валентностей. Метод валентных схем Полинга.	7, 8
Функция Слэйтера. Способы понижения порядка векового уравнения. Формула Румера. Метод островов Полинга. Расчет энергетического спектра и волновых функций простых молекул с сопряженными связями (в π -электронном приближении). Качественный анализ электронной структуры органических молекул методом наложения валентных схем. Основные недостатки метода валентных связей.	9-11
Физические основы метода молекулярных орбит.	12
Расчет электронных характеристик молекул методом Хюккеля. Возможность применения метода Хюккеля к расчету гетероатомных сопряженных систем.	13, 14
Метод Гофмана расчета электронной плотности σ -электронов. Метод Дель-Ре.	15
Метод Хартри. Уравнение Хартри-Фока	16
Метод Рутана для замкнутых оболочек. Понятие о конфигурационном взаимодействии.	17
Использование полуэмпирических подходов. Возможности кластерного приближения в квантовохимических расчетах.	18

Рабочая программа дисциплины ООП

Методы элементного анализа твердых тел

Лектор: д.ф.-м.н., вед. научн. сотр., профессор Черныш Владимир Савельевич
(кафедра физической электроники физического факультета МГУ)

Код курса:
Статус: обязательный
Аудитория: профильный
Специализация: наносистемы и наноматериалы
Семестр: 1
Трудоёмкость: 2 з.е.
Лекций: 30 часов
Семинаров: 2 часа
Практ. занятий: 4 часа
Отчётность: зачет
Начальные компетенции:
Приобретаемые компетенции:

Аннотация курса

В курсе лекций рассматриваются методы анализа состава и структуры поверхности твердотельных структур, основанные на регистрации вторичных частиц, индуцированных облучением пучками ускоренных ионов, электронов и рентгеновским излучением. Основное внимание уделяется методам, которые широко применяются в научных исследованиях и технологии. Обсуждаются результаты экспериментального изучения влияния различных видов обработки на состояние поверхности, процессов сегрегации и адсорбции, структурных фазовых превращений, наноструктур, распределения компонентов материала по поверхности и глубине. Рассматривается устройство анализаторов и детекторов вторичных частиц, а также требования, предъявляемые к условиям проведения анализа.

Приобретаемые знания и умения

Студенты осvoят теоретические основы и ознакомятся с реализацией современных методов элементного и структурного анализа поверхности твердотельных структур.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом для научно-исследовательской работы

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Л. Фелдман, Д. Майер. Основы анализа поверхности и тонких плёнок. Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. – 344 с.
2. Распыление под действием бомбардировки частицами. Вып. III. Характеристики распыленных частиц, применения в технике: Пер. с англ./ Под ред. Р. Бериша и К. Витмака. – М.: Мир, 1998. – 551 с.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Электронная и ионная спектроскопия твёрдых тел. Пер. с англ./ Под ред. Л. Фирмэнса, Дж. Вэнника и В. Декейсера. – М.: Мир, 1981. – 467 с., ил.
2. Черепин В.Т. Ионный микрозондовый анализ.-К.: Наукова думка, 1992.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. А.А. Андреев, Ю.А. Ермаков, А.С. Патракеев, В.С. Черныш. Применение кластерных ионов в нанотехнологии. Нанотехнологии: разработка, применение. 2009, т.1, №1, с. 23-38.
2. П.Н. Черных, Г.А. Иферов, В.С. Куликаускас, В.С. Черныш, Н.Г. Чеченин, В.Я. Чуманов. Комплекс КГ-МЕIS НИИЯФ МГУ для исследования

поверхностных и нанослойных структур. Поверхность. 2008, №9, с. 109-117.

3. V.S. Chernysh, A.S. Patrakeev, V.I. Shulga. A reversion of atomic segregation under ion bombardment of NiPd alloys. Radiation Effects & Defects in Solids. 2008, n.7, p.597-603.

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

http://en.wikipedia.org/wiki/Rutherford_backscattering
http://en.wikipedia.org/wiki/Secondary_ion_mass_spectrometry
http://www.chemport.ru/chemical_encyclopedia_article_2521.html
<http://www.krugosvet.ru/articles/23/1002320/1002320a7.htm>

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме контрольной работы с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях.

Фонды оценочных средств

Вопросы и задачи для контрольной работы; вопросы к зачёту и экзамену.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Задачи анализа твердотельных структур. Характеристика явлений, происходящих при облучении поверхности твердых тел заряженными частицами. Основные принципы построения методов анализа элементного состава и структуры с использованием ионных и электронных пучков.	1
Основные сведения из теории атомных столкновений. Кинематика упругого столкновения двух частиц. Приведенная масса. Кинематический фактор. Потенциал межатомного взаимодействия. Прицельный параметр. Рассеяние в центральном поле. Сечение рассеяния.	2-3
Роль распыления в анализе поверхности. Физическая природа явления распыления. Каскадный механизм распыления. Стохастический характер процесса распыления. Каналирование. Зависимость коэффициента распыления от угла падения и энергии бомбардирующих ионов. Эффект селективного распыления при облучении ионами многокомпонентных материалов. Парциальный коэффициент распыления. Формирование изменённого слоя. Перемешивание. Сегрегация Гиббса и радиационно-индуцированная гиббсовская сегрегация.	4-5
Спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния. Формула Резерфорда для сечения рассеяния. Ядерное и электронное торможение. Страгглинг. Правило Брэгга. Энергетический спектр обратно рассеянных ионов. Чувствительность метода. Возможность анализа элементного состава по глубине. Аппаратура. Полупроводниковый детектор частиц. Разрешение метода по массе и глубине. Оценка степени разрушения поверхности. Требования к вакуумным условиям проведения анализа. Примеры анализа тонких пленок и массивных образцов. Анализ профилей легирования и адсорбатов. Повышение разрешения по глубине с помощью использования распыления и за счёт применения электростатического анализатора энергии рассеянных ионов. Использование ориентационных эффектов для анализа кристаллической структуры поверхности. Критический угол каналирования. Эффект тени. Определение местоположения примесных атомов. Изучение кристаллической структуры, включая полиморфные превращения, и релаксации поверхности. Изучение радиационных дефектов и аморфизации поверхности.	6-7, 9
Спектроскопия рассеяния ионов низких энергий. Сечение рассеяния низкоэнергетических ионов. Энергетический спектр рассеянных ионов. Чувствительность и разрешение метода по массе и глубине. Аппаратура. Сепарация первичного пучка по массе и энергии. Требования, предъявляемые к вакуумным условиям проведения анализа.	10

<p>Электростатические анализаторы энергии заряженных частиц. Вторичный электронный умножитель, каналтрон. Энергетический спектр при рассеянии ионов поверхностью многокомпонентного образца. Исследования сегрегации и адсорбции.</p>	
<p>Масс спектрометрия вторичных ионов (МСВИ). Масс-спектр и энергетическое распределение вторичных ионов. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Матричный и химический эффекты. Основная формула масс спектрометрии вторичных ионов. Минимально обнаружимая концентрация. Ионный зонд и ионный микроскоп. Статический и динамический режимы МСВИ. Аппаратура. Квадрупольный и время-пролётный масс-спектрометр. Послойный анализ и эффект кратера. Влияние различных факторов (параметры пучка, топография поверхности и т.д.) на разрешение по глубине при послойном анализе.</p>	12-13
<p>Масс спектроскопия распыленных нейтралей (МСРН). Лазерная и электронная МСРН. МСРН в газовом разряде. Чувствительность метода.</p> <p>Анализ поверхности с использованием ионно-фотонной эмиссии (ИФЭ). Схема анализа с использованием ИФЭ. Послойный анализ. Особенности метода в сравнении с масс-спектрометрией вторичных ионов.</p>	14
<p>Электронная оже-спектроскопия. Оже процессы. Энергетическая ширина и глубина выхода оже-электронов. Факторы, влияющие на интенсивность эмиссии оже-электронов. Аппаратура. Изучение адсорбции и осаждения тонких пленок. Послойный анализ в сочетании с распылением.</p>	15
<p>Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Кинетическая энергия фотоэлектронов. Фотоэмиссия при воздействии ультрафиолетового и рентгеновского излучения. Аппаратура. Примеры анализа.</p> <p>Микроанализ и диагностика с помощью рентгеновского излучения индуцированного протонами. Сечение ионизации. Сопоставление с рентгеновским микроанализом.</p> <p>Дифракция медленных электронов. Основные принципы метода. Аппаратура. Дифракционные картины поверхностей кристаллов</p>	16
<p>Сопоставление возможностей рассмотренных методов диагностики. Перспективы развития ионно- и электронно-зондовых методов диагностики твердотельных структур. Возможности анализа наноструктур.</p>	18

Рабочая программа дисциплины ООП

Наногетероструктурная электроника

Лектор: д.ф.-м.н., профессор **Козлов Сергей Николаевич**
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	10
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часа
Семинаров:	
Практ. занятий:	
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3

Аннотация курса

В курсе рассматриваются основные физические процессы в элементах и системах наногетероструктурной электроники, анализируются основные этапы развития твердотельной электроники и прогнозируются возможные пути дальнейшего развития нанoeлектроники. Обсуждаются основные физические процессы в элементах гетероструктурной электроники, рассматриваются физические принципы функционирования элементов и систем гетероструктурной электроники.

Большое внимание в курсе уделяется последним достижениям в области наногетероструктурной электроники - транзисторам на двумерном электронном газе, полевым транзисторам на горячих электронах с отрицательным дифференциальным сопротивлением, транзисторам с резонансным туннелированием, элементам наногетероструктурной электроники с баллистическим транспортом, основным принципам «одноэлектроники».

В заключительной части курса анализируются перспективы и возможные направления дальнейшего развития наногетероструктурной электроники.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен усвоить основные принципы функционирования элементов наногетероструктурной электроники, осознать перспективы и возможные направления дальнейшего развития нанoeлектроники.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к специальному физическому практикуму и связан с дисциплинами «Физика полупроводников», «Физика твердого тела», «Физика поверхности твердого тела».

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины "Оптика твердого тела и систем пониженной размерности", "Микро- и нанoeлектромеханика".

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. А.А. Щука. Электроника. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2005.
2. В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А.Гридин. Основы нанoeлектроники. Новосибирск, 2000.
3. Нанотехнология. Физика, процессы, диагностика, приборы. М., Физматлит, 2006.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

Специальный физический практикум, курсовая преддипломная практика

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; задания для практических (лабораторных) занятий; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты и компьютерные тестирующие программы; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Основные этапы развития твердотельной электроники.	1
Энергетическая диаграмма системы металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Полная емкость и эквивалентная схема МДП-структуры.	2
Емкостные методы исследования МДП-структур. Высокочастотный и квазистатический методы.	3
Метод поперечной высокочастотной проводимости МДП-структуры.	4
Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней.	5
Электронно-дырочный переход и биполярный транзистор.	6
Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона. Генератор Ганна. Лавинно-пролетный диод.	7
Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Преобразователи изображений на основе ПЗС.	8
Энергетический спектр сверхрешеток. Минизоны. «Вертикальный» транспорт носителей заряда по сверхрешетке.	9
Транзисторы на 2М электронном газе. Транзисторы с высокой подвижностью. Полевые транзисторы на горячих электронах с отрицательным дифференциальным сопротивлением.	10
Транзисторы с резонансным туннелированием. Транзистор с резонансно-туннельным эмиттером. Резонансно-туннельный транзистор на квантовой точке.	11
Баллистический транспорт и возможности его использования в нанoeлектронике.	12
Элементы оптоэлектроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойных гетероструктурах. Фотоприемники на квантовых ямах.	13
Кулоновская блокада и кулоновская лестница. Одноэлектронные приборы.	14
Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронные элементы цифровых схем.	15
Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Физические основы молекулярной электроники

Лектор: д.ф.-м.н., профессор **Плотников Геннадий Семенович**

(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	Обязательный
Аудитория:	Специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	2
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часа
Семинаров:	
Практ. занятий:	
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-6

Аннотация курса

Данный курс подготовлен в рамках Приоритетных направлений развития МГУ “Система подготовки и воспроизводства кадров нового поколения” и “Энергоэффективность, наноматериалы и бионаносистемы”.

В курсе рассмотрен широкий круг вопросов, касающихся механизмов передачи информации в молекулярных системах. Описаны принципы построения элементной базы устройств молекулярной электроники и технологические приемы синтеза наноструктур, используемых в таких устройствах. Необходимость изучения основных принципов молекулярной электроники связана с развитием нанотехнологий и биотехнологий, которые реально позволяют конструировать и создавать материалы с заданными уникальными физическими и химическими свойствами.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основы теории и основные методы запоминания и преобразования информации в молекулярных наносистемах; знать основные принципы синтеза и исследования наносистем.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс связан с дисциплинами «Физика конденсированного состояния вещества», «Введение в физику полупроводников», «Электронная и зондовая микроскопия», «Физические явления на поверхности твердого тела» и «Физика наносистем».

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Специальный физический практикум, научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, выполнение дипломной работы.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Г.С. Плотников, В.Б. Зайцев. Физические основы молекулярной электроники. Москва. МГУ, 2000г., 164с.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. М. Поуп, В. Свенберг. Электронные процессы в органических кристаллах. М., Мир, 1985, т.1.
2. Введение в молекулярную электронику. Под ред. В.Г. Лидоренко. М. Энергоиздат, 1984.
3. Л.В. Левшин, А.М. Салецкий. Люминесценция и ее измерения. М. Изд. МГУ, 1989.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

Программное обеспе-

чение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к лекциям.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросы к экзамену; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
<u>Введение</u> Традиционная планарная микроэлектроника, принципиальные физические ограничения ее развития. Молекулярные системы как элементная база электронных устройств. Перспективы развития молекулярной электроники. Проблема использования отдельных атомов, молекул и их комплексов в качестве логических элементов электронных устройств. Характеристики таких элементов: надежность срабатывания, КПД преобразования сигнала, однозначность реакции молекулы при ее возбуждении. Большие органические и биоорганические молекулы как элементы молекулярных устройств.	1
Движение носителей заряда в молекулярных кристаллах. Виды переноса, модельный гамма-тоннелирования. Перенос в модели перескоков. Перенос в зонной модели.	2
Внутримолекулярный перенос электронов. Электронная проводимость протяженных молекулярных систем. Квантовомеханическое резонансное туннелирование. «Одноэлектроника».	3
Безызлучательные процессы переноса энергии электронного возбуждения. Механизм Ферстера. Особенности переноса энергии в системе молекулы-твердотельная подложка. Обменный механизм переноса энергии. Теория Ферстера-Декстера.	4
Синглетные экситоны. Поверхностные экситоны. Солитонный механизм передачи энергии и заряда. Электросолитоны и протосолитоны.	5
Коллективные и индивидуальные свойства органических молекул в конденсированном состоянии. Молекулярные кристаллы. Жидкие кристаллы; нематические, смектические и холестерические мезофазы.	6
Полимеры: структура и электрические свойства. Биополимеры. Перспективы использования в молекулярной электронике биомембран и иммобилизованных ферментов.	7
Пленки Лэнгмюра-Блоджетт (ЛБ), Методика синтеза пленок ЛБ и их нанесения на поверхность твердого тела. Применения тонких органических пленок в молекулярной электронике. Метод молекулярного наслаивания.	8
Основные экспериментальные методы изучения тонких молекулярных слоев: малоугловая рентгеновская спектроскопия, электронография, эллипсометрия, генерация второй гармоники, сканирующая туннельная и атомная силовая микроскопия.	9
Принцип самоорганизации отдельных молекулярных компонентов интегральных схем. Основные идеи синергетики. Синтез Меррифилда. Самоорганизация поверхностно-активных веществ. Перестройка структуры слоев органических молекул и пленок ЛБ при самоорганизации.	10
Электронно-возбужденные молекулы органических красителей на поверхности полупроводников, Спектральная сенсibilизация различных фотоэффектов в полупроводниках и диэлектриках.	11
Два альтернативных механизма сенсibilизации: перенос энергии и перенос электрона. Фотосенсibilизированная перезарядка различных групп поверхностных состояний в типичных гетероструктурах, используемых в микро- и наноэлектронике.	12
Основные пути диссипации энергии возбужденных адсорбированных молекул: процессы в	13

адсорбционной фазе, в твердом теле. Характерные энергетические схемы уровней возбужденных молекул и электронных переходов между ними. Флуоресценция. Колебательная релаксация энергии электронного возбуждения в адсорбционной фазе. Использование этих эффектов для создания селективных полупроводниковых сенсоров для газового анализа.	
Электронные спектры поглощения и люминесценции адсорбированных молекул. Влияние локальных электрических полей заряженных поверхностных центров на спектры люминесценции. Неоднородное уширение спектров люминесценции на поверхности. Молекулярная люминесцентная спектроскопия поверхности твердых тел.	14
Запоминание и хранение информации на молекулярном уровне. Создание постоянных запоминающих устройств (ПЗУ) с использованием триплетных состояний органических красителей. Электро- и фотохромизм адсорбированных молекул. Природа электронных процессов, определяющих эти явления. Запись информации на основе эффекта электронно-конформационной перегруппировки. Механизм оптической частотно-селективной записи информации в пленках органических молекул. Способ «выжигания провала».	15
Преобразование информации. Выпрямляющий молекулярный элемент. Управляющий элемент резонансного туннельного переноса носителей. Управляющие группировки. Принцип солитонного переключения.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Физика наносистем

Лектор: д.ф.-м.н., профессор **Кульбачинский Владимир Анатольевич**

(кафедра физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часов
Семинаров:	-
Практ. занятий:	-
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-2, М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Цель курса – дать знания по физическим свойствам и показать особенности поведения носителей заряда в низкоразмерных структурах различного типа, продемонстрировать последние достижения и открытия в этой области. В курсе рассматриваются технологии получения и применения низкоразмерных структур различного типа, включая квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки, графен. Также рассматриваются свойства сверхрешеток, наночастиц и атомных кластеров. В курсе описывается применение низкоразмерных структур в электронных и оптоэлектронных приборах. Рассматриваются одномерные и нульмерные (квантовые точки) полупроводниковые объекты, многослойные структуры на их основе. В настоящее время очень активно создаются квазиодномерные, одномерные и нульмерные структуры на базе полупроводниковых двумерных. Ожидается широкое применение низкоразмерных объектов в различных областях науки и техники, например медицине и биологии.

Приобретаемые знания и умения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные принципы размерного квантования, технологию получения наноразмерных структур, электрофизические и оптические свойства наноструктур.
Образовательные технологии	Курс имеет электронную версию программы для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.
Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП	Курс является базисом к дисциплинам: Физика магнитных наноструктур, Физические явления на поверхности твердого тела, Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия, Структура ДНК и Белков, Методы исследования индивидуальных молекул ДНК и белков, Динамика и функционирование нанобиоструктур, Оптика твердого тела и систем пониженной размерности.
Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего	Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины: Физика магнитных наноструктур, Физические явления на поверхности твердого тела, Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия, Структура ДНК и Белков, Методы исследования индивидуальных молекул ДНК и белков, Динамика и функционирование нанобиоструктур, Оптика твердого тела и систем пониженной размерности.
Основные учебные пособия, обеспечивающие курс	1. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский, Квазичастицы в физике конденсированного состояния, изд-во Физматлит, М., 2005, 2007. 2. В.А. Кульбачинский, Двумерные, одномерные, нульмерные структуры и сверхрешетки, М., МГУ, физфак, 1988.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. В.А. Кульбачинский, Е.В. Богданов, В.Г. Кытин, Специальный физический практикум по физике низких температур, учебное пособие, Физический факультет МГУ, 2009.
2. М.А. Херман - Полупроводниковые сверхрешетки - М, Мир 210 с. (1979).
3. Т. Андо, А. Фаулер, Ф. Стерн - Электронные свойства двумерных систем - М. Мир 530 с. (1982).
4. Л.Ченг, К. Плог - Молекулярно-лучевая эпитаксия - М, Мир (1989).

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Кульбачинский В.А., Щурова Л.Ю., Термодинамические, транспортные и магнетотранспортные свойства свободных носителей заряда в легированных марганцем структурах с квантовой ямой GaAs/InGaAs/GaAs, ЖЭТФ, Т.136, №1, 135-147 (2009).
2. В.А. Кульбачинский – Полупроводниковые квантовые точки – Соросовский образовательный журнал, Т.7, №4, стр. 98-104 (2001).
3. В.А. Кульбачинский – Низкоразмерные сверхрешетки соединений внедрения в графит – Соросовский образовательный журнал, Т.9, №1, стр. 95-100 (2005).
4. В.А.Кульбачинский В.А. Рогозин, Р.А. Лунин, и др., Особенности фотолюминесценции структур InAs/GaAs с квантовыми точками при различной мощности накачки” ФТП, Т.39, вып. 11, с. 1354-1358 (2005).
5. Р.А. Лунин, В.А. Рогозин, В.Г. Мокеров и др., Латеральный электронный транспорт в короткопериодных сверхрешетках InAs/GaAs на пороге образования квантовых точек (статья), ФТП, Т.37, №1, 70-76 (2003)
6. Галиев Г.Б., Каминский В.Э., Мокеров В.Г. и др., Исследование электронного транспорта в связанных квантовых ямах с двухсторонним легированием, ФТП, Т.37, №6, 711-716 (2003).
7. Кульбачинский В.А., Лунин Р.А., Рогозин В.А. и др, Переход «квантовый эффект Холла - изолятор» в системе InAs/GaAs квантовых точек. ФТТ, Т.45, 725-729 (2003).

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

<http://nanotechweb.org/>

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится 3 раза в семестр в форме контрольной с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации; вопросы и задачи для контрольных работ и тестов; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Размерное квантование, бесконечно глубокая квантовая яма и яма конечной глубины.	1
Технология получения полупроводниковых гетероструктур, квантовых ям, сверхрешеток, инверсионных слоев.	2
Однородное, модулированное и дельта-легирование, легирование со спейсером.	3
Плотность состояний в трехмерном, двумерном, одномерном и нульмерном случаях.	4
Одномерный кристалл, модель Кронига-Пенни.	5
Экранирование в трехмерном и двумерном случаях. Трехмерные и двумерные плазмоны.	6
Целочисленный квантовый эффект Холла и его метрологические приложения . Многочас-	7

тичные эффекты, дробный квантовый эффект Холла.	
Квантовые поправки к проводимости, слабая локализация двумерных электронов.	8
Классификация сверхрешеток. Композиционные одномерные сверхрешетки. Легированные сверхрешетки. Энергетический спектр сверхрешетки.	9
Внутризонные и межзонные оптические переходы. Особенности электропроводности вдоль слоев и вдоль оси сверхрешетки, туннелирование.	10
Квантовые нити, методы их получения. Квантование энергии в узких двумерных проводниках в магнитном поле и без магнитного поля.	11
Баллистический транспорт. Сопротивление баллистического проводника.	12
Методы получения квантовых точек. Особенности физических свойств коллоидных квантовых точек. Оптические свойства квантовых точек.	13
Наноструктуры на основе аллотропных модификаций углерода. Графит, его структура, электронные свойства.	14
Электронные свойства двумерных соединений внедрения в графит. Расчет энергетического спектра по методу сильной связи, модель Блиновского-Ригго. Сверхпроводимость и суперметаллическая электропроводность соединений внедрения в графит.	15
Графен. Физические свойства карбина, фуллеренов и нанотрубок. Сверхпроводящие свойства фуллеридов.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Радио- и ИК-спектроскопия твердотельных систем пониженной размерности

Лекторы: д.ф.-м.н. доцент, доцент Константинова Елизавета Александровна
к.ф.-м.н., доцент, доцент Ефимова Александра Ивановна
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	профильный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	1
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-2, М-ПК-3

Аннотация курса

В связи с бурным развитием в последние годы нанофизики требуется привлечение эффективных методов исследования нанообъектов, физико-химические свойства которых претерпевают значительные изменения по сравнению с объемной фазой вещества. Такими современными методами, органично сочетающим в себе эксперимент и мощный теоретический аппарат, является спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и инфракрасная (ИК) спектроскопия.

Лекционный курс содержит основы теории ЭПР, ряд практических приложений в области твердотельных наноструктурированных объектов и краткий обзор других наиболее важных магнитно-резонансных методов исследования. В рамках курса студенты познакомятся с основными закономерностями явления ЭПР, техникой спектроскопии ЭПР и особенностями применения метода для исследования твердотельных систем пониженной размерности.

В лекционном курсе также описаны теоретические основы функционирования, характеристики основных элементов и принципы выбора оптимальных рабочих режимов современных спектральных приборов – интерференционных фурье-спектрометров. В рамках курса излагается применение ИК-спектроскопии к исследованию фононной и электронной подсистем объема и поверхности твердых тел, тонких пленок и наноструктур, а также молекулярных систем, рассматриваются теоретические подходы и приобретаются практические навыки определения спектральных характеристик материалов по экспериментальным спектрам.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основы теории и техники ЭПР, уметь применять полученные знания для исследования парамагнитных свойств различных веществ, в частности, твердых тел и наноструктурированных объектов.

Кроме того, в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные принципы построения и функционирования современных фурье-спектрометров; уметь выбрать требуемое для поставленной задачи оборудование, метод и режим измерения, а также проводить качественный анализ ИК-спектров тонких диэлектрических и полупроводниковых пленок, анизотропных наноструктурированных пленок и порошков.

Образовательные технологии

Курс имеет два учебных пособия и электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс логически взаимосвязан и представляет собой важное звено в цепи следующих дисциплин: "Физика конденсированного состояния вещества", "Квантовая теория твердых тел", "Физика наносистем", "Физические явления на поверхности твердого тела", "Физика магнитных наноструктур",

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего	"Основы молекулярной электроники", "Оптика твердого тела и систем пониженной размерности".
Основные учебные пособия, обеспечивающие курс	<p>Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины "Физика наносистем", "Физические явления на поверхности твердого тела", "Физика магнитных наноструктур", "Оптика твердого тела и систем пониженной размерности", и "Основы молекулярной электроники".</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. А.Б. Ройцин, В.М. Маевский «Радиоспектроскопия поверхности твердых тел», Киев: Наукова Думка, 1992. 2. М.В. Власова «Радиоспектроскопические свойства неорганических материалов», Киев: Наукова Думка, 1987. 3. Б. Блюмих «Основы ЯМР», М.: Техносфера, 2007. 4. Ефимова А.И., Зайцев В.Б., Болдырев Н.Ю., Кашкаров П.К. Инфракрасная фурье-спектрометрия: учебное пособие. – М.: Физический факультет МГУ, 2008. 5. Светосильные спектральные приборы/ Вагин В.А., Гершун М.А., Жижин Г.Н., Тарасов К.И.; Под ред. Тарасова К.И. М.: Наука, 1988. 6. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. – М.: Мир, 2006.
Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс	<ol style="list-style-type: none"> 1. Е.А. Константинова, П.К. Кашкаров, В.Ю. Тимошенко. ЭПР-спектроскопия неупорядоченных и низкоразмерных твердотельных систем, М.: физический факультет МГУ, 2002. 2. А.И. Ефимова Инфракрасная спектроскопия наноструктурированных полупроводников и диэлектриков: специальный физический практикум. – М.: физический факультет МГУ, кафедра общей физики и молекулярной электроники, 2010
Основные научные статьи, обеспечивающие курс	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исследование процесса генерации синглетного кислорода в ансамблях фотовозбужденных нанокристаллов кремния методом электронного парамагнитного резонанса // ЖЭТФ, т. 134, вып. 3(9), стр. 557-566 (2008). 2. EPR Study of the Illumination Effect on Properties of Paramagnetic Centers in Nitrogen-Doped TiO₂ Active in Visible Light Photocatalysis// Applied Magnetic Resonance, v.35, p.421-427 (2009). 3. IR and EPR study of ammonia adsorption effect on silicon nanocrystals // Physica Status Solidi (a), v.206, № 6, p.1330-1333 (2009). 4. Л.П. Кузнецова., А.И. Ефимова, Л.А. Осминкина, Л.А. Головань, В.Ю. Тимошенко, П.К. Кашкаров, Исследование двулучепреломления в слоях пористого кремния методом инфракрасной фурье-спектроскопии // Физика твердого тела, т.44, вып.5, стр. 780-784 (2002). 5. А.И. Ефимова, Е.Ю. Круткова, Л.А. Головань, М.А. Фоменко, П.К. Кашкаров, В.Ю. Тимошенко, Двулучепреломление и анизотропия оптического поглощения в пористом кремнии // ЖЭТФ, т. 132, вып. 3, стр. 680 – 693 (2007)
Программное обеспечение и ресурсы в интернете	www.bruker.ru
Контроль успеваемости	<p>Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме контрольной работы. Критерии формирования оценки работы– уровень знаний пройденной части курса.</p> <p>Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, умение отвечать на вопросы.</p>
Фонды оценочных	Контрольные вопросы в начале лекций для текущей аттестации; задания

средств

для практических (лабораторных) занятий; вопросы и задачи для контрольных работ; вопросы к экзаменам; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
ЭПР как метод исследования твердотельных и молекулярных систем. Эффект Зеемана. Условия возникновения ЭПР. g-фактор и его свойства.	1
Природа изотропного сверхтонкого взаимодействия (СТВ). Энергетические системы с одним неспаренным электроном и одним ядром со значением спина $I=1/2$, $I=1$. Спектры ЭПР-радикалов с группами эквивалентных протонов. Расщепление при наличии неэквивалентных ядер. Сверхтонкое расщепление на ядрах с $I>1/2$.	2-3
Понятие о методе молекулярных орбиталей Хюккеля. Теория сверхтонкого расщепления π -электронных органических радикалов.	4
Устройство ЭПР-спектрометра. Чувствительность и разрешающая способность ЭПР-спектрометра. Методы определения основных параметров сигнала ЭПР из экспериментальных спектров (концентрация парамагнитных центров, ширина линии, g-фактор, константа сверхтонкого расщепления).	5
Анизотропия g-фактора. Теория g-тензора и эффективный спиновый гамильтониан. Экспериментальное определение g-тензора в ориентированных твердых телах. Форма линий и определение главных компонент g-тензора в неориентированных системах с d электронами.	6
Причины возникновения анизотропного сверхтонкого взаимодействия. Экспериментальное определение компонент тензора СТВ.	7
Однородное и неоднородное уширение линий ЭПР. Время спин-решеточной релаксации в парамагнитных системах. Явление насыщения. Спин-спиновая релаксация. Определение времен релаксации парамагнитных центров с помощью методов насыщения (в режиме непрерывного СВЧ-излучения) и «спинового эхо» (в режиме импульсного СВЧ-излучения).	8
Ядерный магнитный резонанс. Понятие о химическом сдвиге. Ядерный квадрупольный резонанс. Понятие о двойном электронно-ядерном резонансе. Двойной электрон-электронный резонанс. Оптически детектируемый магнитный резонанс.	9
Исследование дефектов в твердых телах методом ЭПР. Особенности применения метода ЭПР для изучения спиновых центров в неупорядоченных твердых телах и низкоразмерных твердотельных системах.	10
Основы фурье-спектрометрии	11
Спектральные характеристики фурье-спектрометров	12
Преимущества фурье-спектрометров	13
Особенности оптических схем, параметры и технические характеристики серийных фурье-спектрометров.	14
Интерференционные спектры тонких изотропных и анизотропных пленок	15
ИК-спектроскопия полупроводниковых материалов: поглощение на свободных носителях, плазменный минимум в спектрах отражения	16
Основные понятия и символика молекулярной спектроскопии. Многофононное и примесное поглощение в кристаллическом кремнии, поглощение на колебаниях поверхностных групп	17
ИК-спектроскопия пленок пористого кремния и нанопорошков	18

Рабочая программа дисциплины ООП

Химические методы формирования наночастиц

Лектор: д.х.н., доцент Румянцева Марина Николаевна
(кафедра неорганической химии химического факультета МГУ)

Код курса:
Статус: обязательный
Аудитория: профильный
Специализация: Физика наносистем
Семестр: 6
Трудоёмкость: 2 з.е.
Лекций: 32 часа
Семинаров:
Практ. занятий:
Отчётность: зачет
Начальные компетенции: М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции: М-ПК-3, М-ПК-4,

Аннотация курса

Лекционный курс содержит сведения об основных методах получения наночастиц. Существенное внимание уделяется особенностям термодинамики и кинетики процессов получения наночастиц. Приводится определение поверхностного натяжения и свободной энергии поверхности раздела фаз. Обсуждаются условия получения наночастиц методами гомогенного и гетерогенного зародышеобразования. Рассмотрены проблемы стабилизации наночастиц, процессы агрегации, взаимодействия с дисперсионной средой. Излагаются основные научные принципы и методы синтеза наночастиц из раствора и газовой фазы: золь-гель, гидротермальный метод, криотехнология, вакуумная конденсация. Рассмотрены электрохимические методы получения наночастиц. Рассмотрены методы получения коллоидных нанокристаллов различной морфологии. Приводятся основные методы получения наногетероструктур.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен получить теоретические знания по химии дисперсных систем, знать возможности и ограничения методов получения наночастиц из раствора и газовой фазы, понимать роль процессов агрегации наночастиц, возможности управления морфологией наночастиц в процессе роста.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является химическим базисом к физическим дисциплинам: «Физические явления на поверхности твердого тела», «Физика наносистем», «Оптика твердого тела и систем пониженной размерности», «Нанотехнология в сенсорах для молекулярного анализа».

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

научно-исследовательская работа в лаборатории.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Г.Б. Сергеев. Нанохимия. М., Изд-во. МГУ. 2003.
2. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М., Физматлит, 2005
3. А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. //Функциональные наноматериалы. //Москва, Физматлит, 2010 С 459.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. А. Адамсон. Физическая химия поверхностей. М., Мир., 1979.
2. Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов. Химия и технология нанодисперсных оксидов. М., Академкнига, 2007.
3. И.П. Суздаев. Физико-Химия нанокластеров, наноструктур и

наноматериалов. М., КомКнига, 2005.

4. П. Харрис. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М., Техносфера, 2005.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Нанотехнология молекулярного наслаивания. // Российские нанотехнологии 2007, №2, С. 87.
2. Оксиды железа в нанокластерном состоянии. // Российские нанотехнологии 2007, №5, С. 73.
3. Фотосинтез наночастиц. // Российские нанотехнологии 2009, №4, С. 73.
4. Многофункциональные наноматериалы //Успехи химии 2009, вып.3, С. 266.
5. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов// Успехи химии 2009, вып.9, С. 867.

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 4 и 8 неделях в форме контрольной работы с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации; вопросы и задачи для контрольных работ; вопросов к экзаменам..

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Поверхность и дисперсное состояние вещества. Классификация дисперсных систем по размерности, агрегатному состоянию и структуре. Основные характеристики наночастиц и дисперсных систем. Размерный эффект.	1
Основы термодинамики поверхностных явлений. Поверхностное натяжение и свободная энергия поверхностей раздела фаз. Термодинамическое уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах. Влияние морфологии, рельефа и адсорбции молекул. Состав поверхности, сегрегация компонентов в приповерхностных слоях. Адсорбция кислорода. Адсорбция паров воды. Кислотные и основные центры на поверхности. Окислительно-восстановительные и кислотно-основные реакции на поверхности.	2-3
Классификация методов синтеза. Гомогенные и гетерогенные процессы. Основные физико-химические параметры, определяющие ход химических превращений. Термодинамический прогноз возможности реализации синтеза в гомогенной среде. P-T-x фазовые диаграммы, выбор условий.	4
Гомогенное зародышеобразование. Критическое пересыщение. Критический размер зародыша. Кинетические уравнения скорости зародышеобразования. Нуклеация и рост. Диаграмма Ла-Мера. Кинетические модели роста. Кооперативные явления в системе наночастиц; остальдово созревание. Агрегация. Типы взаимодействия частиц. Силы Ван-дер-Ваальса. Электростатические силы для заряженных частиц. Гидрофобное/гидрофильное взаимодействие (неполярные/полярные среды). Сольватация. Теория Лифшица – Слезова - Вагнера. Золи. Гели.	5-6
Гетерогенное зародышеобразование. Эпитаксиальные соотношения. Образование новой фазы при участии модификаторов. Массовая кристаллизация и рост монокристаллов. Стабильные и метастабильные кристаллические фазы. Кинетические особенности образования кристаллических фаз, связанные с зародышеобразованием.	7
Золь-гель технология. Гидролиз. Поликонденсация. Переход истинный раствор – золь. Влияние растворителя, температуры, pH. Строение гелей, ксерогели. Пример получения нанодис-	8

персного кремнезема. Химическое осаждение из растворов. Гидролиз органических солей. Алкоксотехнология. Мицеллы. Темплатный синтез. Поверхностно активные вещества. Микроэмульсии. Рост кластеров в микроэмульсиях. Организация коллоидных систем в присутствии ПАВ. Пленки Лэнгмюра-Блоджет. Примеры роста нанокристаллов оксидов металлов.	
Коллоидный синтез нанокристаллов полупроводников. Нуклеация в растворах в присутствии стабилизатора. Морфология нанокристаллов. Синтез и строение структур «ядро-оболочка». Основные характеристики квантовых точек и методы их определения (средний размер, дисперсия размеров, концентрация). Применение квантовых точек: оптические сенсibilизаторы сенсоных материалов, биологические маркеры.	9
Метод гидротермального синтеза. Термодинамические основы метода. Влияние параметров гидротермального синтеза на свойства получаемых продуктов. Осаждение из сверхкритических растворов. Ультразвуковое воздействие на водные растворы, кавитация. RESS технология. Сублимационная сушка. Методы низкотемпературной сушки золь и гелей. Способы достижения низких температур. Эффект Джоуля – Томсона. Скорость сублимации. Влияние вакуума. Потеря растворителя. Принципиальная схема установки криохимической сушки.	10-11
Методы вакуумной конденсации. Состав и давление пара. Насыщенный пар. Эффузионная ячейка. Испарение и конденсация. Роль подложки. Эпитаксиальный и реотаксиальный рост материалов. Методы термического испарения, «горячей стенки», молекулярных пучков.	12
Химическое осаждение из пара. (CVD-технология). Термодинамическое описание процесса. Основные стадии процесса CVD. Типы реакций в газовой фазе. Прекурсоры. Тонкие пленки, гетероструктуры. Углеродные нанотрубки. Пиролиз аэрозолей органических и неорганических прекурсоров. Принципы выбора прекурсоров.	13
Лазерное и магнетронное испарение. Виды плазмы. Механизмы генерации химически активных частиц. Лазерная электродисперсия. Влияние состава плазмы на структуру нанокристаллов	14
Механохимический синтез. Упругие свойства твердых тел, энергетика и кинетика диспергирования твердых веществ. Дефектообразование и активация при механическом воздействии. Физико-химические явления, сопровождающие диспергирование. Синтез при ультразвуковом воздействии. Сонохимическое оборудование. Механизм воздействия ультразвука на кинетику роста частиц. Ультразвуковая интенсификация реакций интеркаляции и ионного обмена. Синтез кластерных соединений.	15
Электрохимическое травление. Количественные законы электролиза, закон Фарадея. Электрохимические реакции. Технология получения пористого кремния. Процессы анодного растворения кремния в растворе плавиковой кислоты. Влияние типа проводимости кремния на структуру материала. Анизотропное травление.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Квантовая теория твёрдых тел

Лектор: д.ф.-м.н., профессор *Кульбачинский Владимир Анатольевич*

(кафедра физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	2
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-2, М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Цель курса – на основе квантовой физики дать базовые знания по физическим свойствам твёрдого тела. В курсе рассматривается структуры электронных оболочек атомов, свойства молекул, атомные и молекулярные орбитали и силы взаимодействия между структурными единицами, приводящие к возникновению конденсированного состояния вещества. Рассматриваются кристаллические решетки Браве, ячейка Вигнера–Зейтца. Вводится концепция квазичастиц, позволяющая рассматривать элементарные возбуждения ансамблей сильно взаимодействующих частиц в твердом теле как слабо-неидеальный газ элементарных возбуждений. В первую очередь показываются особенности поведения фононов и электронов. Строятся зоны Бриллюэна и поверхности Ферми. Приводятся начальные сведения по квантованию энергетического спектра электронов в магнитном поле.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные принципы построения атомных и молекулярных орбиталей, двумерные и трехмерные прямые и обратные решетки. Свойства фононов и электронов в твердом теле.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию программы для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является базисом к дисциплинам: «Химические методы формирования наночастиц», Введение в физику наноструктур, «Оптика наносистем», «Физика магнитных наносистем», «Электронная и зондовая микроскопия», «Нанотехнологии в сенсорах для молекулярного анализа», «Основы физики поверхности твердого тела».

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины: «Химические методы формирования наночастиц», Введение в физику наноструктур, «Оптика наносистем», «Физика магнитных наносистем», «Электронная и зондовая микроскопия», «Нанотехнологии в сенсорах для молекулярного анализа», «Основы физики поверхности твердого тела».

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М., Мир, 1979.
2. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. В.А. Кульбачинский, Е.В. Богданов, В.Г. Кытин, Специальный физический практикум по физике низких температур, учебное пособие, Физический факультет МГУ, 2009.
2. Ч. Киттель – Введение в физику твердого тела, М. Наука, 1978 г
3. В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М.,

Наука, 1977 г.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. В.А. Кульбачинский, Р.А. Лунин, В.А. Рогозин и др, ФТТ, т.45, 725 (2003).
2. V.A. Kulbachinskii, S.G. Ionov, S.A. Lapin, et.al, Phys.Rev.B., v.51, 10313 (1995).
3. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский, Ю.Е. Лозовик и др, ФТТ, т.31, 73 (1989).
4. В.А. Кульбачинский, Л.Ю. Щурова, Термодинамические, транспортные и магнетотранспортные свойства свободных носителей заряда в легированных марганцем структурах с квантовой ямой GaAs/InGaAs/GaAs, ЖЭТФ, т.136, 135 (2009).
5. В.А. Кульбачинский, Б.М. Булычев, В.Г. Кытин, Р.А. Лунин, Сверхпроводимость и спектроскопия гомо- и гетерофуллеридов щелочных металлов и таллия, ФНТ, т.37, №3, 313-333 (2011).
6. Кульбачинский В.А., Гурин П.В., Тарасов П.М., и др., Транспорт, магнитотранспорт и ферромагнетизм в разбавленных магнитных полупроводниках, ФНТ, Т.33, 239 (2007).

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

<http://edu.sfu-kras.ru/node/89>

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится в форме 2 контрольных с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; вопросы и задачи для контрольных работ; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Кристаллические решетки. Кристаллическая структура и ее описание. Двумерные и трехмерные кристаллические решетки Браве. Элементы симметрии кристаллических решеток Браве.	1
Кристаллические решетки. Энергия связи решетки, константа Маделунга и ее расчет. Ячейка Вигнера-Зейтца, ее построение. Обратная решетка. Построение обратных решеток для трехмерных решеток Браве.	2
Фононы. Общая теория теплоемкости кристалла. Модели Дебая и Эйнштейна. Фононы и фононный спектр. Теплоемкость при высоких, низких и промежуточных температурах.	3
Электронная Ферми-жидкость. Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике. Энергия и импульс Ферми. Основное состояние электронной ферми-жидкости.	4
Модель ферми-жидкости. Элементарные возбуждения. Закон дисперсии. Электрон в поле периодического потенциала кристаллической решетки. Эффективный потенциал.	5
Волновая функция электрона. Одноэлектронное приближение, адиабатическое приближение. Теорема Блоха. Квазиимпульс электрона. Закон дисперсии электрона в решетке.	6
Энергетические зоны. Зоны Бриллюэна. Построение зон Бриллюэна для двумерной квадратной решетки. Зоны Бриллюэна для различных трехмерных кристаллических решеток. Заполнение зон электронами.	7
Поверхности Ферми. Метод Гаррисона построения поверхностей Ферми. Поверхности Ферми металла с плоской квадратной решеткой при различной валентности. Поверхности Ферми щелочных металлов.	8

Поверхности Ферми. Поверхности Ферми благородных металлов. Поверхности Ферми металлов с простой гексагональной решеткой. Поверхности Ферми металлов с гексагональной плотноупакованной решеткой. Классификация поверхностей Ферми.	9
Поверхности Ферми в двумерных и квазидвумерных системах. Плотность электронных состояний в трехмерном случае. Плотность электронных состояний в двумерном и одномерном случаях. Особенности Ван Хофа в плотности состояний.	10
Эффективная масса электрона. Эффективная масса плотности состояний. Циклотронная масса электрона. Ферми-жидкостная и электрон-фононная перенормировка эффективной массы электронов в металлах.	11
Электронная теплоемкость и электронная теплопроводность. Электропроводность металлов. Феноменологическое описание электропроводности. Электропроводность в модели фермиевских электронов. Формула Лифшица. Особенности электропроводности и ее связь с поверхностью Ферми в низкоразмерных системах. Температурная зависимость электропроводности. Электронная теплопроводность.	12
Электроны в магнитном поле. Квантование энергетического спектра свободных электронов в магнитном поле. Уровни Ландау. Квазиклассическое приближение. Квантование энергетического спектра электронов в магнитном поле в реальных металлах. Спиновое расщепление уровней Ландау. Траектория движения электрона в кристалле в магнитном поле в пространстве импульсов и в реальном пространстве.	13
Электроны в магнитном поле. Распределение квантованных магнитным полем электронов в пространстве импульсов. Спектральная плотность состояний электронов в магнитном поле. Квантовые осцилляционные эффекты. Эффект Шубникова-де Гааза, эффект де Гааза-ван Альфена. Связь частоты осцилляций Шубникова-де Гааза с энергией Ферми, концентрацией электронов и экстремальным сечением поверхности Ферми.	14
Элементарные возбуждения в полупроводниках. Электроны и дырки в полупроводниках. Закон дисперсии электронов и дырок. Плотность состояний электронов и дырок. Статистика электронов и дырок и их концентрации.	15
Экситоны. Экситоны Френкеля и Ванье-Мотта. Прямые экситоны. Непрямые экситоны. Экситонный газ низкой плотности, электронно-дырочная жидкость. Экситонный диэлектрик. Переход полуметалла в состояние экситонного диэлектрика. Экситоны в двумерных и одномерных системах.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Синхротронное излучение в диагностике наносистем

Лектор: к.ф.-м.н. *Занавескина Ирина Сергеевна*
(кафедра физики наносистем физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часов
Семинаров:	-
Практ. занятий:	-
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-2, М-ПК-3, М-ПК-6

Аннотация курса

Цель курса – дать знания о комплексе структурных методов исследования с использованием синхротронного излучения (СИ), а также представления об особенностях и возможностях работы на источниках СИ.

В курсе рассмотрены свойства СИ, а также особенности подходов к проведению экспериментов на СИ. Далее проводится общий обзор классических методов исследования атомарной структуры твердотельных систем, дается сравнение и специфика использования рентгеновского излучения лабораторных источников и синхротронного излучения. Приведено описание новых методов исследования структуры и свойств с помощью СИ. Особое внимание уделено использованию новых подходов к исследованию наносистем и наноматериалов.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен иметь представления об особенностях синхротронного излучения, возможностях и специфике использования СИ по сравнению с излучением рентгеновских трубок.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию программы для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс содержательно-методически связан с дисциплинами: Методы получения наносистем и наноматериалов, Физика магнитных наноструктур, Физические явления на поверхности твердого тела, Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия, Структура ДНК и Белков, Методы исследования индивидуальных молекул ДНК и белков, Динамика и функционирование нанобиоструктур, Оптика твердого тела и систем пониженной размерности, Нанотехнологии в сенсорах для молекулярного анализа.

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины: Методы получения наносистем и наноматериалов, Структура ДНК и белков, Методы исследования индивидуальных молекул ДНК и белков, Динамика и функционирование нанобиоструктур.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Г.В.Фетисов. Синхротронное излучение: методы исследования структуры веществ. Москва: Физматлит, 2007.
2. R.W.James. The Optical Principles of the Diffraction of X-rays. London, 1950.
3. И.М.Тернов, В.В.Михайлин, В.Р.Халилов. Синхротронное излучение и его применение. М. 1980.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

Основные научные статьи, обеспечивающие курс	<p>1. Д.Ф.Алферов, Ю.А.Башмаков, П.А.Черенков. Излучение релятивистских электронов в магнитном ондуляторе. Успехи физических наук. 1989. Т. 157, вып. 3. С. 389-436.</p> <p>2. A. Erko, M. Idir, T. Krist, A.G. Michette. Modern Developments in X-Ray and Neutron Optics. Springer, 2008.</p> <p>3. D.Attwood. Soft X-rays and Extreme Ultraviolet Radiation: principles and Applications. Cambridge, 1999.</p>
Программное обеспечение и ресурсы в интернете	<p>http://nanotechweb.org/ www.esrf.fr www.aps.anl.gov www.spring8.or.jp www.xfel.desy.de</p>
Контроль успеваемости	<p>Промежуточная аттестация проводится 2 раза в семестр в форме теста с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.</p> <p>Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки.</p>
Фонды оценочных средств	<p>Контрольные вопросы для текущей аттестации; вопросы и задачи для контрольных работ и тестов; вопросов к зачётам и экзаменам; темы докладов.</p>

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Синхротронное излучение (СИ): природа явления, источники, история открытия. Ускорители заряженных частиц: история создания, классификация, основные типы. Крупнейшие действующие источники СИ, другие установки MEGAScience.	1-2
Принцип действия резонансных ускорителей. Пространственное распределение фотонного излучения нерелятивистских и релятивистских электронов. Спектральное распределение СИ. Эффект автофазировки, временная структура СИ. Поляризационные свойства СИ. Методы исследования с использованием СИ.	3
Вставные устройства (insertion devices). Принцип действия ондулятора, траектории движения частиц. Спектрально-угловые характеристики ондуляторного излучения. Когерентность ондуляторного излучения. Вигглер, шифтер спектра. Использование вставных устройств на крупнейших синхротронах.	4-5
Детекторы рентгеновского излучения: общие принципы работы, основные характеристики, классификация, учет мертвого времени.	6
Элементы рентгеновской оптики, монохроматоры и кристалл-спектрометры.	7
Классические методы рентгеновской дифрактометрии (монокристаллическая и порошковая на монохроматическом излучении, метод Лауэ) при использовании СИ. Учет поляризационного множителя.	8
Специфические методы рентгеноструктурного анализа на СИ (микродифракция, энергодисперсионная дифрактометрия, исследование переходных состояний с временным разрешением, комплекс методов аномальной дифракции).	9-12
Спектроскопия поглощения для структурного анализа (XAFS): физические основы возникновения тонкой структуры поглощения, методы EXAFS, XANES и их модификации, способы измерения спектров, обработка экспериментальных данных. Примеры применения методов XAFS.	13-16

Рабочая программа дисциплины ООП

Оптика твердого тела и систем пониженной размерности

Лектор: д.ф.-м.н., профессор **Тимошенко Виктор Юрьевич**
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:
Статус: обязательный
Аудитория: специальный
Специализация: Наносистемы и наноматериалы
Семестр: 2
Трудоёмкость: 2 з.е.
Лекций: 32 часов
Семинаров: нет
Практ. занятий: нет
Отчётность: экзамен
Начальные компетенции: М-ПК-1, М-ПК-2
Приобретаемые компетенции: М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Излагаются основы оптики твердых тел, проявляющих свойства полупроводников, диэлектриков и металлов. Рассмотрены основные модели и экспериментальные сведения по светоизлучающим и фотоэлектрическим свойствам объемных фаз полупроводников и полупроводниковых систем пониженной размерности, таких как поверхности, границы раздела, пористые материалы. Излагаются данные по влиянию различных воздействий, таких как, нагрев, деформация, а также электрических и магнитных полей, на оптические свойства твердых тел. Рассмотрены закономерности спонтанного рассеяния света в твердых телах и пористых материалах.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные законы, описывающие оптические свойства твердотельных фаз полупроводников, металлов и диэлектриков.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к дисциплинам: "Оптика наносистем", "Фотонные кристаллы и метаматериалы», «Структурная физика наноматериалов" и "Процессы в наноструктурах и электронных устройствах на основе квантования магнитного потока и электрического заряда ".

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины "Физика конденсированного состояния вещества", "Квантовая теория твердых тел", "Рентгеноструктурный анализ твердых тел и наносистем", "Физические явления на поверхности твердого тела».

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. П.К. Кашкаров, В.Ю.Тимошенко. *Оптика твердого тела и систем пониженной размерности*. М., Физ. Факультет МГУ, 2009.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Ч. Киттель. *Введение в физику твердого тела*. М., Наука, 1978.
2. К. В. Шалимова *Физика полупроводников*. М., Энергоатомиздат, 1985.
3. Ф.Е. Шубурт. *Светодиоды*. М., Физматлит, 2008.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

3. Л.А. Головань, В.Ю. Тимошенко, П.К. Кашкаров. «Оптические свойства нанокомпозитов на основе пористых систем», *Успехи Физ. Наук*, т.177, с.619- 638 (2007).

Программное обеспечение и ресурсы в ин-

<http://www.edu.ru/>

тернете

Контроль успеваемости **Промежуточная аттестация** проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; задания для практических (лабораторных) занятий; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты и компьютерные тестирующие программы; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Основные понятия оптики конденсированных фаз вещества. Комплексный показатель преломления и диэлектрическая проницаемость.	1
Взаимодействие света с металлами и диэлектриками.	2-3
Поглощение света в кристаллических полупроводниках.	4-5
Поглощение света в аморфных полупроводниках.	6
Экситонное и примесное поглощение света.	7-8
Влияние внешних воздействий на оптические свойства твердых тел.	9-11
Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Фотоэффект. Фотопроводимость. Фотовольтаические эффекты.	12-14
Рассеяние света в твердых телах. Рассеяния Рэлея, Ми, Мандельштама-Бриллюэна, комбинационное (рамановское) рассеяние света. Рассеяние света в поглощающих средах.	15
Эмиссия излучения из твердых тел. Люминесценция. Межзонная рекомбинация. Межзонная излучательная рекомбинация.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Введение в когнитивную науку

Лекторы: к.п.н. **Величковский Борис Борисович, проф. Анохин Константин Владимирович**
(кафедра физики наносистем физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	Обязательный
Аудитория:	Специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часов
Семинаров:	-
Практ. занятий:	-
Отчётность:	зачет
Начальные компетенции:	М-ПК-1
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-2, М-ПК-3, М-ПК-7

Аннотация курса

Цель курса – введение в когнитивную науку, как междисциплинарное направление, объединяющее теорию познания, когнитивную психологию, нейрофизиологию, когнитивную лингвистику и теорию искусственного интеллекта.

В курсе дается понятие о сенсорных системах и восприятии человека, внимании и сознании, памяти и обучении. Рассмотрены подходы к проблеме значения в логике, лингвистике, психологии и нейрофизиологии. Обсуждаются механизмы накопления и обмена знаний, представляется архитектура интеллекта человека. Приведено описание методов когнитивных исследований. Представлены современные практические применения когнитивных технологий, а также перспективы и основные проблемы развития в рамках конвергентных технологий.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен иметь представление об основных понятиях, направлениях и методах исследования когнитивной науки, а также о современных перспективах и проблемах когнитивных технологий.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию программы для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс содержательно-методически связан с дисциплинами: Методы получения наносистем и наноматериалов, Структура ДНК и Белков, Методы исследования индивидуальных молекул ДНК и белков, Динамика и функционирование нанобиоструктур, Нанотехнологии в сенсорах для молекулярного анализа, Основы биоорганической химии.

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Величковский Б.Б. Когнитивная наука: основы психологии познания. Москва, 2006.
2. Величковский Б.М. Исследование когнитивных функций и современные технологии. *Вестник Российской Академии Наук*, 2010, т. 80(5/6).

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

Основные научные статьи, обеспечиваю-

1. Кроткова О.А., Величковский Б.М. Межполушарные различия мышления при поражениях высших гностических отделов мозга. В сб.:

щие курс

Компьютеры, мозг, познание. Успехи когнитивных наук. М.: Наука, 2008 (с. 107-131).

2. Hawkins J., Blakeslee S. On intelligence. NY: Times Books, 2006.

3. Eysenck M.W., Keane M.T. Cognitive psychology. Hove: Psychology Press, 2010.

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

http://dmitry.bancorp.ru/Hawkins/en.wikipedia.org/wiki/On_Intelligence

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится 2 раза в семестр в форме теста с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации; вопросы и задачи для контрольных работ и тестов; вопросов к зачётам и экзаменам; темы докладов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
<p>Введение, история и обзор курса. Философские и естественнонаучные основания когнитивных исследований. Бэкон и Галилей. Эмпиризм и рационализм в трактовке познания: Декарт, Локк, Юм, Лейбниц и Кант. Попытка натурфилософского синтеза. Возникновение физиологии, экспериментальной психологии и лингвистики: Вильгельм Гумбольдт, Гельмгольц и Сеченов. Психология сознания Вундта и ее критика: психоанализ, бихевиоризм и гештальтпсихология. Культурно-исторические течения. Нейропсихология Лэшли, Хэбба и Лурия. Возникновение когнитивного подхода. Роль «картезианской лингвистики» Хомского и математической теории коммуникации Шеннона-Уивера.</p> <p>Основные подходы в рамках современной когнитивной науки. Три базовые теоретические модели: компьютерная метафора, модулярность познания и иерархические модели. Описательные исследования в антропологии, лингвистике и генетике. Экспериментальные исследования познавательных процессов в психологии и, отчасти, лингвистике. Бурное развитие нейрокогнитивных методов и теоретических моделей: когнитивные нейронауки. Когнитивная геномика. Проблемы искусственного интеллекта и вычислительный подход. Усиливающееся практическое значение когнитивных исследований. Когнитивная наука и конвергентные (НБИК) технологии.</p>	1-2
<p>Сенсорные системы и восприятие. Сенсорно-перцептивная организация человека и ее эволюция. Нейронные механизмы и теория Фурье-разложения. Пластичность и избыточность в организации сенсорно-перцептивных систем. Интермодальные эффекты и синестезии. Схема тела. Разновидности боли и проблема фантомных конечностей. Кожно-тактильная чувствительность. Эксперименты с резиновой рукой и субъективной сменой тела. Проблема зрительно-вестибулярных взаимодействий в авиации, космонавтике и системах виртуальной реальности. Зрительно-акустические эффекты: чревовещание (ventriloquism) и эффект Мак-Гурка в экспериментах с видимой речью (visible speech). Ограниченность эффектов «зрительного плена». Теории квантованного и непрерывного перцептивного времени.</p> <p>Восприятие пространственных и динамических характеристик объектов. Современный статус законов перцептивной организации гештальтпсихологии. Понятие системы отсчета и эксперименты Дункера с индуцированным движением. Иллюзии восприятия движения. Восприятие удаленности и глубины. Стереогаммы Юлеза. Теория двух зрительных систем: восприятие «где» и восприятие «что». Дорзальный и вентральный потоки переработки сенсорной информации в зрительной, слуховой и соматосенсорной коре. Данные нейропсихологии и уточнение функций дорзального потока в экспериментах на восприятия крутизны холмов и оптико-геометрических иллюзий.</p> <p>Восприятие индивидуальных характеристик предметов и их поверхностей. Зависимость от привычной пространственной ориентации: эксперименты Рока с одновременным яркостным контрастом и эффект Тэтчер. Проблемы «простого и сложного», «локального и глобального»</p>	3-5

<p>в восприятии формы. Эффект превосходства объекта. Вклад задних отделов левого и правого полушарий. Модулярная организация механизмов вентрального потока. Восприятие общего смысла ситуации. Механизмы социального восприятия. Эффекты биологического движения. Восприятие лица и эмоций. Роль контактов «глаза-в-глаза». Нейрокогнитивные эксперименты с антропоморфными агентами (аватарами).</p>	
<p>Внимание и сознание. Активность познания: исследования активного зрения и осязания. Виды движений глаз, их мозговые механизмы. Сложности с определением понятия «внимание». «Внешнее и внутреннее», «произвольное и рефлексорное» внимание. Внимание как фильтр. Эксперименты по селективному слушанию. Эффект беседы за коктейлем. Эффект октавы. Внимание как умственное усилие. Представление об ограниченном пуле ресурсов обработки информации. Позитивные и негативные эффекты внимания. Слепота невнимания. Эффекты слепоты к изменением. Внимания как когнитивный контроль. Теория трех систем внимания Познера. Диссоциация эффектов сознания и внимания. Спекулятивные теории сознания в психоанализе и философии. Понятие картезианского театра Деннета, «оруэлловская» и «сталинская» теории сознания. Нейрофизиологические теории частотного кодирования Зингера, Крика и Коха. Понятие когнитивных автоматизмов. Подходы к операциональному различению сознательных и бессознательных процессов: методика проигрыша-выигрыша Познера-Снайдера, сопоставление наклонов функций положительных и отрицательных ответов в задачах поиска, методика диссоциации процессов Джэкоби. Уровневые эффекты в феноменах слепого зора (blind sight) и игнорирования полупространства. Место сознания в теории уровней построения движений Бернштейна.</p>	6-7
<p>Память и обучение. Разнообразие мнестических эффектов: эксплицитная и имплицитная память. Специфика памяти человека: роль «внешней памяти» (культурных артефактов) и когнитивного контроля. Воспроизведение и узнавание. Кривая забывания Эббингауза. Классические эффекты края и их интерпретация. Трехкомпонентные модели: сенсорная, кратковременная и долговременная память. Роль проговаривания и семантического кодирования. Память на сложный зрительный материал. Модификация модели: понятие рабочей памяти. Семантическая и эпизодическая память. Теория специфического кодирования Тулвинга. Теория уровней обработки Крэйка. Современные многоуровневые модели. Нейропсихологические и нейрофизиологические подходы. Роль NMDA-синапсов. Особенности нейрогенеза структур гиппокампа. Множественность форм обучения у человека: настройка (tuning) автоматизмов, накопление и преобразования знаний. Теории формирования навыков. Мнемотехника. Амнезии в клинике и в обыденной жизни. Посттравматический синдром (PTSD). Развитие памяти и обучения в онтогенезе. Специфика возрастных изменений памяти в норме и патологии. Генетические и нейрофизиологические механизмы нейродегенеративных заболеваний. Аллель <i>APOE ε4</i> и болезнь Альцгеймера. Роль когнитивного контроля и социальной поддержки.</p>	8-9
<p>Концептуальные структуры, язык и речевое общение. Подходы к проблеме значения в логике, лингвистике, психологии и нейрофизиологии. Семантические сети и пространства. Латентный семантический анализ. Понятия базового уровня по Рош. Роль отдельных примеров и ситуативных факторов. Межкатегориальная организация знаний: онтологии и схемы. Репрезентация невербального знания и пространственного окружения: когнитивные карты и коллажи. Сценарии и грамматики историй. Глобальные когнитивные модели. Наивные модели мира: физика и психология обыденного сознания. Фундаментальная ошибка атрибуции. Культурная антропология и межкультурные исследования веры в сверхъестественное. Разнообразие языков и их эволюция. Возможные генетические механизмы. Язык и речь. Восприятие и порождение речи. Фонология и просодика. Теория речевых действий. Развитие навыков чтения. Нейропсихологические синдромы и модели. Когнитивные исследования грамматики. Критика трансформационной модели Хомского в психологии и когнитивной лингвистике. Теория глубинных семантических ролей, грамматики конструкций. Прагматика коммуникативных ситуаций. Принцип кооперативности Грайса. Несовпадение значения и смысла: исследование метафорической речи. Теория ментальных моделей Джонсон-Лэйрда. Пропозициональные установки. Теория ментальных пространств Фоконье.</p>	10-11
<p>Архитектура интеллекта человека. Подходы к описанию интеллекта в исторической антропологии, психометрике, исследованиях развития, информатике и нейроинформатике. Высшие когнитивные процессы: концептуальные структуры и метакогнитивные координации. Механизмы воображения. Особенности решения малых мыслительных задач. Гипотеза</p>	12-13

<p>лингвистической относительности: данные, подтверждающие эту гипотезу в варианте «мышление для речи». Теории Пиаже и Выготского. Индивидуальная теория психики (Theory of Mind). Критика представлений о развитии ментальной логики в исследованиях процессов умозаключений: задача селекции Уайзена, Monty Hall Dilemma, проблемы с решением задач в вероятностном формате данных. Ограниченная рациональность человека по Канеману. Эвристики доступности и репрезентативности. Эффект эмоционального обрамления. Моральные эвристики.</p> <p>Когнитивно-аффективные процессы. Вертикальное измерение интеллекта по Б.М. Величковскому: уровни когнитивной организации от А до F, их функции и нейрофизиологический субстрат. Синдромы выпадения уровней. Возможные генетические механизмы: синдром Уильямса и расстройства аутистического спектра. Горизонтальное измерение эмоционально-мотивационной сферы по Панксеппу: системы SEEKING, LUST, CARE, PANIC, FEAR, RAGE, PLAY. Роль нейротрансмиттеров. Типичные дисфункции и нарушения. Исследования механизмов стресса в биологии и психологии. Роль когнитивной оценки ситуации. Проблема индивидуальной стрессоустойчивости человека.</p>	
<p>Методы когнитивных исследований. Проблемы валидности и надежности методов, экологическая валидность исследований в когнитивной науке. Создание реалистических и одновременно контролируемых условий с помощью систем виртуальной реальности. Наблюдение, эксперимент и квазиэксперимент в когнитивных исследованиях. Основы факторного планирования эксперимента. Методы видеорегистрации и анализа поведения. Современные системы регистрации движений глаз («айтрекинг») и изменений диаметра зрачка. Психофизиологические методы анализа кардиоваскулярной активности и кожно-гальванических реакций. Инвазивные и неинвазивные методы нейрокогнитивных исследований активности головного мозга человека. Микроэлектродное отведение активности нейронов. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) и методика вызванных потенциалов (ВП/ ERP). Магнитоэнцефалограмма (МЭГ). Позитронно-эмиссионная томографии (ПЭТ). Методы, основанные на эффекте ядерного магнитного резонанса: МРИ, ДТИ, фМРИ и МРС. Проблемы с методом вычитания. Метод транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС). Новые подходы, такие как НИРС, МИТ и ABI – Analyzer-Based X-ray Imaging. Молекулярный имаджинг. Геномные исследования в когнитивной науке: молекулярная психология.</p>	14-15
<p>Практические применения и перспективы. Понятие когнитивных технологий как части НБИК развития. Ранние примеры когнитивных технологий на пересечении с информатикой: графические интерфейсы пользователя и системы виртуальной реальности. Примеры второго поколения когнитивных технологий: 1). Интерфейсы, чувствительные к вниманию пользователя (<i>Инфо-Когно</i>); 2). Интермодальные интерфейсы на базе новых наноматериалов (<i>Нано-Инфо-Когно</i>); 3). Методы экспликации сознания и диагностики эмоций (<i>Био-Инфо-Когно</i>); 4). Методы распознавание жестов (<i>Инфо-Когно</i>); 5). Антропоморфные агенты / аватары (<i>Инфо-Когно</i>); 6). Методы когнитивной геномики и когнотропные субстанции (<i>Био-Нано-Когно</i>); 7). Нейромаркетинг, нейроэкономика и нейроэргономика (<i>Био-Когно</i>); 8). Методы молекулярного “ремонта” памяти человека (<i>Био-Нано-Когно</i>).</p> <p>Перспективы когнитивных исследований и возникающие проблемы. Искусственный интеллект и человеческий разум. Тест Тьюринга. Проблема «заземления» символических преобразований. Китайская комната Сёрля. Гипотеза телесности познания. Проблема Юма. Проблема идентичности и контроля действий в нейрокогнитивных исследованиях. Моральная ответственность исследователя за исследования, ведущие к экспликации состояний сознания.</p>	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Поверхностные явления в доменных структурах и фазовые переходы

Лектор: д.ф.-м.н., профессор Левшин Николай Леонидович
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	8
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часа
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	зачет
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Одной из центральных и наиболее сложных задач физики твердого тела является выяснение механизмов фазовых переходов. Анализ роли поверхностных явлений в протекании фазовых переходов в литературе практически отсутствует. Вместе с тем развитый рельеф и дефектность поверхности позволяет рассматривать последнюю в качестве объекта, обладающего пониженной размерностью и, следовательно, измененными свойствами вещества. На ней образуются зародыши новой фазы, в результате чего фазовый переход должен начинаться именно с поверхности, а затем распространяться на весь объем твердого тела. Поэтому особый интерес представляет изучение роли поверхностных явлений в механизмах фазовых превращений в твердых телах.

Первая часть курса посвящена описанию структурных фазовых переходов, плавления, перехода сегнетоэлектрик-параэлектрик. Особое внимание уделяется описанию этих фазовых превращений в системах пониженной размерности.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся получает информацию о всевозможных фазовых превращениях, протекающих в твердых телах, дополняющую сведения, полученные из других курсов, посвященных физике твердого тела. Эти знания необходимы для понимания физических процессов, происходящих в низкоразмерных системах.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс содержит информацию дополняющую сведения, содержащиеся в курсе общей физики, различных курсов, посвященных физике твердого тела, а также курсу молекулярной электроники.

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Н.Л. Левшин, Е.А. Крылова. Поверхностные явления в физике фазовых переходов в твердых телах. Москва, физический факультет МГУ, 2008.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Э. Зенгуил. Физика поверхности. Москва, Мир, 1990.
2. Б.А. Нестеренко, В.Г. Ляпин. Фазовые переходы на свободных гранях и межфазных границах в полупроводниках. Киев, Наукова Думка, 1990.
3. В.М. Фридкин. Фотосегнетоэлектрики. Москва, Наука, 1979.

Основные научные статьи, обеспечивающие

1. Л.М. Блинов. Ленгмюровские пленки. УФН, 1988, т.155, № 3, 443 с..

щие курс

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации, вопросы к зачётам и экзаменам;

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Классификация фазовых переходов. Термодинамика фазовых переходов. Граница раздела между фазами. Роль флуктуаций в развитии фазового перехода.	1-2
Динамика поверхностных атомов. Гармоническое приближение. Ангармонизм. Плавление. Однофазные и двухфазные теории плавления. Плавление в системах с пониженной размерностью.	3-5
Спектроскопические методы исследования поверхности твердых тел.	6
Полиморфизм. Сверхрешетки. Структурные фазовые переходы в адсорбционных слоях на поверхности твердых тел.	7-8
Активные диэлектрики. Электреты.	9
Классификация сегнетоэлектриков и их основные свойства. Органические сегнетоэлектрические материалы: жидкие кристаллы и пленки Ленгмюра-Блоджетт.	10-11
Термодинамика сегнетоэлектрического фазового перехода. Теория Гинзбурга-Андерсона-Кокрена. Вибронная модель. Модель Изинга.	12-13
Поверхностные явления в сегнетоэлектриках. Экранирование спонтанной поляризации.	14
Фотосегнетоэлектрические явления.	15
Сегнетоэлектрические пленки. Размерные эффекты. Влияние адсорбции на переходы в поверхностном слое сегнетоэлектрика.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Методы оптической диагностики наносистем и наноматериалов

Лектора: д.ф.-м.н., профессор Тимошенко Виктор Юрьевич;

д.ф.-м.н., доцент Головань Леонид Анатольевич

(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:

Статус: по выбору

Аудитория: специальный

Специализация: Наносистемы и наноматериалы

Семестр: 1

Трудоёмкость: 2 з.е.

Лекций: 36 часов

Семинаров: 0 часов

Практ. занятий: 0 часа

Отчётность: экзамен

Начальные компетенции: М-ПК-1, М-ПК-2

Приобретаемые компетенции: М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Рассматриваются основные методы линейной и нелинейной оптической диагностики наносистем и наноматериалов, таких как наноструктурированные полупроводники, диэлектрики и металлы. Излагаются основные принципы работы приборов линейной оптической спектроскопии поглощения, отражения и фотолюминесценции. Проанализированы характеристики различных типов спектральных приборов, а также особенности локальных и зондовых методов оптической диагностики. Изложены принципы эллипсометрии, спектроскопии комбинационного рассеяния света и фотонной корреляционной спектроскопии. Рассмотрены основные приборы и методы нелинейно-оптической диагностики наносистем и наноматериалов, в том числе, методы генерации оптических гармоник, оптического выпрямления, КАРС, ГКР, ВКР и другие подходы, применяемые для получения данных о структурных и электронных характеристиках наноструктур.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные законы, описывающие линейные и нелинейные оптические свойства твердотельных фаз полупроводников, металлов и диэлектриков.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к дисциплинам: «Оптика наносистем», «Фотонные кристаллы и метаматериалы», «Структурная физика наноматериалов» и «Процессы в наноструктурах и электронных устройствах на основе квантования магнитного потока и электрического заряда».

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. П.К. Кашкаров, В.Ю.Тимошенко. *Оптика твердого тела и систем пониженной размерности*. М., Физ. Факультет МГУ, 2009.
2. С.В.Гапоненко, Н.Н. Розанов, Е.Л.Ивченко, А. Ф. Федоров и др. *Оптика нанооструктур*. Под ред. А. Ф. Федорова. СПб., Недра, 2005.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие

1. Н.И. Коротеев, И.Л. Шумай. *Физика мощного лазерного излучения*. М., Наука, 1991.

курс

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

4. Л.А. Головань, В.Ю. Тимошенко, П.К. Кашкаров. «Оптические свойства нанокompозитов на основе пористых систем», Успехи Физ. Наук, т.177, с.619- 638 (2007).

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

<http://www.edu.ru/>

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; задания для практических (лабораторных) занятий; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты и компьютерные тестирующие программы; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Основные приборы и принципы оптической спектроскопии поглощения и отражения	1
Методы спектральной эллипсометрии и брюстеровской спектроскопии	2
Терагерцовая спектроскопия наноматериалов и наносистем	3
Приборы и методы люминесцентной спектроскопии. Фотолюминесцентная спектроскопия возбуждения, фотолюминесцентная диагностика с временным разрешением.	4
Фотолюминесцентная спектроскопия полупроводниковых наноструктур и нанокompозитных материалов.	5
Спектроскопия комбинационного (рамановского) рассеяния света. Используемые спектрометры и детекторы. Обработка и анализ данных для получения информации о размерах наночастиц.	6
Основные принципы фотонной корреляционной спектроскопии. Определение размеров наночастиц в жидких средах.	7
Поляризационные методы в линейной оптической спектроскопии наносистем. Учет анизотропии формы наноструктур.	8
Оптическая диагностика ансамблей наночастиц и анализ неоднородно-уширенных спектров поглощения и люминесценции. Спектроскопия насыщения поглощения и метод выжигания провала.	9
Основные источники оптического излучения для нелинейно-оптической диагностики. Принципы работы используемых лазеров, модуляторов и детекторов.	10-11
Основные нелинейно-оптические методы диагностики наносистем и наноматериалов. Генерация оптически гармоник, оптическое выпрямление, КАРС, ВКР, ГКР.	12-14
Локальные нелинейно-оптические методы диагностики. TERS.	15-16
Нелинейно-оптическая диагностика наночастиц и композитных наноматериалов. Используемые модели и методы анализа экспериментальных данных.	17-18

Рабочая программа дисциплины ООП

Рентгеноструктурный анализ наносистем

Лектор: к.ф.-м.н., доцент **Орешко Алексей Павлович**
(кафедра физики твердого тела физического факультета МГУ)

Код курса:
Статус: Обязательный
Аудитория: Специальный
Специализация: Наносистемы и наноматериалы
Семестр: 4
Трудоёмкость: 2 з.е.
Лекций: 36 часов
Семинаров:
Практ. занятий:
Отчётность: экзамен
Начальные компетенции: М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции: М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Данный курс подготовлен в рамках Приоритетных направлений развития МГУ “Система подготовки и воспроизводства кадров нового поколения” и “Энергоэффективность, наноматериалы и бионаносистемы”.

Без данных, полученных на основании наблюдения дифракционных картин, создаваемых рентгеновскими лучами, не существовало бы стройного знания о строении кристаллов, молекул и полимеров из атомов. В курсе дано последовательное изложение основ теории дифракционного структурного анализа с помощью математического аппарата фурье-преобразований, что позволяет в наиболее компактной и изящной форме охватить все направления дифракционного структурного анализа. Необходимость дифракционного структурного анализа особенно возросла в последнее время с появлением новых высокоинтенсивных источников излучения (синхротронов) и приходом нанотехнологий и биотехнологий, которые реально позволяют конструировать и создавать материалы с заданными уникальными физическими и химическими свойствами.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основы теории и основные методы дифракционного структурного анализа; уметь проводить и интерпретировать результаты эксперимента.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к специальному физическому практикуму и связан с дисциплинами “Физика конденсированного состояния вещества”, “Электронная сканирующая и просвечивающая микроскопия” и “Методы элементного анализа твердых тел”.

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Специальный физический практикум, научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины “Электронная сканирующая и просвечивающая микроскопия” и “Методы элементного анализа твердых тел”.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Илюшин А.С., Орешко А.П. Введение в дифракционный структурный анализ. М., 2008.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Жданов Г.С., Илюшин А.С., Никитина С.В. Дифракционный и резонансный структурный анализ. М.: Наука, 1980.
2. Порай-Кошиц М.Л. Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа, 1989.
3. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига, 2006.
4. Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. М.: Физматлит, 2007.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости **Промежуточная аттестация** проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к лекциям.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; задания для практических (лабораторных) занятий в специальном физическом практикуме; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросы к экзамену; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Введение. Проблема “Состав-структура-свойства твердых тел”. Дифракционный анализ – единственный метод определения атомной структуры вещества. Создание дифракционного структурного анализа (ДСА). Роль отечественных ученых в становлении и развитии ДСА.	1
Физика рентгеновских лучей.	2
Основные понятия и элементы структурной кристаллографии.	3
Приближение кинематической теории дифракции. Геометрия дифракционной картины рассеяния кристаллом. Условия Лауэ, сфера Эвальда (отражения), закон Вульфа-Брэгга и отклонения от закона Вульфа-Брэгга. Способы получения дифракционной картины.	4
Основная задача дифракционного структурного анализа. Применение рядов Фурье в структурном анализе конденсированных сред.	5, 6
Рассеяние излучений атомом. Характеристика излучений, используемых в ДСА. Рентгеновское излучение, медленные и быстрые нейтроны и электроны. Атомная амплитуда рассеяния, длина и поперечное сечение рассеяния.	7, 8
Интенсивность рассеяния регулярными и искаженными совокупностями атомов. Основная формула дифракционного структурного анализа.	9-11
Методы дифракционного структурного анализа.	12
Синхротронное излучение и его применение для структурных исследований конденсированных сред.	13, 14
Аппаратура для дифракционных структурных исследований.	15
Применения дифракционного структурного анализа.	16
Некоторые дифракционные методы исследования микро и наносистем.	17
Электроннография и нейтронография. Расшифровка структур.	18

Рабочая программа дисциплины ООП

Оптика наносистем

Лектор: д.ф.-м.н., профессор Тимошенко Виктор Юрьевич
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	3
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часов
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-2
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4, М-ПК-6

Аннотация курса

Рассмотрены основные подходы для описания оптических свойств неоднородных твердотельных систем. Вводятся понятия эффективной среды и эффективной диэлектрической проницаемости гетеросистемы. Обсуждается распространение света в периодических средах и фотонных кристаллах. Последовательно рассматривается квантовый размерный эффект для квантовых ям, нитей и точек, а также для реальных наноструктур. Рассмотрены экситонные процессы в наноструктурах с учетом спинового состояния носителей заряда. Излагаются элементы спиновой оптики твердых тел и наноструктур. Анализируются фотогальванические спин-зависимые явления (циркулярный и линейный фотогальванические эффекты) в низкоразмерных системах. Излагаются основные подходы к анализу нелинейно-оптических явлений в твердых телах, а также применения методов нелинейной оптики для диагностики твердотельных систем и наноструктур.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные законы, описывающие оптические свойства твердотельных фаз полупроводников, металлов и диэлектриков.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к дисциплинам: "Фотонные кристаллы и метаматериалы», «Структурная физика наноматериалов" и "Процессы в наноструктурах и электронных устройствах на основе квантования магнитного потока и электрического заряда ".

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины "Физика конденсированного состояния вещества", "Квантовая теория твердых тел", "Рентгеноструктурный анализ твердых тел и наносистем", "Физические явления на поверхности твердого тела», «Оптика твердого тела и систем пониженной размерности».

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. П.К. Кашкаров, В.Ю.Тимошенко. «*Оптика твердого тела и систем пониженной размерности*». М., Физ. Факультет МГУ, 2009.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. В.П. Драгунов, И.Г. Незвесный, В.А. Гридчин. «*Основы наноэлектроники*». М., Логос, 2006.
2. И. Р. Шен. «Принципы нелинейной оптики», М., Наука, 1989.
3. S.V. Garonenko. «*Optical properties of semiconductor nanocrystals*». Cambridge, 1998.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. П.К. Кашкаров, Б.В. Каменев, Е.А. Константинова, А.И. Ефимова, А.В. Павликов, В. Ю. Тимошенко. «*Динамика неравновесных носителей заряда в кремниевых квантовых нитях*». Успехи Физ. Наук, т.168, №5, с.577-582 (1998).
2. Л.А. Головань, В.Ю. Тимошенко, П.К. Кашкаров. «Оптические свой-

ства нанокompозитов на основе пористых систем», Успехи Физ. Наук, т.177, с.619- 638 (2007).

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

<http://www.edu.ru/>

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; задания для практических (лабораторных) занятий; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросов к зачётам и экзаменам; тесты и компьютерные тестирующие программы; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Оптические явления в неоднородных твердотельных системах. Концепция эффективной среды и эффективная диэлектрическая проницаемость гетеросистемы. Анизотропия формы и дихроизм в наноструктурах.	1-2
Фотонные кристаллы и их применения	3
Влияние размеров тел на их оптические свойства. Квантовый размерный эффект.	4-5
Экситоны в полупроводниковых наноструктурах.	6-7
Динамика фотовозбужденных носителей заряда в ансамблях полупроводниковых нанокристаллов	8
Перенос энергии в наноструктурах и нанокompозитах. Механизмы Ферстера и Декстера.	9
Оптические свойства и применения реальных полупроводниковых наноструктур	10
Основы спиновой оптики. Оптическая ориентация спинов. Спин-гальванические явления.	11-12
Нелинейные оптические явления в твердотельных системах. Генерация оптических гармоник. Вынужденное комбинационное рассеяние света.	13-15
Элементы нелинейной оптики наноструктур и нанокompозитов. Нелинейно-оптическая диагностика низкоразмерных систем и наноструктур.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Физика магнитных наноструктур

Лектор: д.ф.-м.н., профессор Чеченин Николай Гаврилович
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	наносистемы и наноматериалы
Семестр:	3
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	зачет
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Магнитные наноструктуры являются не только предметом интенсивных фундаментальных исследований, но и широко используются в нашей повседневной жизни. Одним из наиболее значимых достижений в этой области – обнаружение эффекта гигантского магнитного сопротивления, приведшее к резкому увеличению емкости магнитных носителей информации, используемых в настоящее время компьютеров. Важной задачей курса является знакомство студентов с современными и перспективными возможностями, базирующихся на свойствах магнитных наноструктур. Большое внимание уделяется фундаментальным основам, определяющим магнитные свойства наноструктур, динамику, устойчивость и методы исследования этих свойств. Дается представление о современных и перспективных возможностях спинтроники.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основы физики магнитных наноструктур, современные области их использования, иметь представление о направлениях разработок перспективных устройств, использующих физические свойства магнитных наноструктур.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Имеется учебное пособие по курсу в печатном и электронном варианте.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является одним из базисных курсов в подготовке современных физиков-экспериментаторов, специализирующихся в области науки материалов, физики наносистем и нанотехнологий. Он является необходимым дополнением к дисциплинам: "Физика конденсированного состояния вещества", "Физика наносистем" и "Наногетероструктурная электроника".

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дипломная работа.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Н.Г. Чеченин. Магнитные наноструктуры и их применение: учебное пособие. М., Грант Виктория ТК, 2006.
2. Г.С. Кринчик. Физика магнитных явлений. М., Изд-во МГУ, 1985.
3. С. Тикадзуми. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения. Пер. с япон., М., Из-во Мир, 1987.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Е.В. Хоменко, и др. Магнитная анизотропия в структурах IrMn/Co с альтернативной последовательностью осаждения антиферромагнитного и ферромагнитного слоев. Физика твердого тела, 2010, том 52, вып. 8, сс 1583-89
2. Е.В.Хоменко, Н. Г. Чеченин, А. Ю. Гойхман, А. В. Зенкевич, «Обменное смещение в структурах IrMn/Co с альтернативным чередованием антиферромагнитного и ферромагнитного слоев» Письма в ЖЭТФ т. 88, №8, с. 693-697, 2008

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

http://danp.sinp.msu.ru/dist_obraz.htm

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме письменного ответа на поставленные вопросы и последующего собеседования с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации; вопросы во время лекций, список вопросов к зачёту.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
<u>Магнитные свойства вещества.</u> Основные магнитные характеристики. Восприимчивость диамагнетиков, парамагнетиков, ферромагнетиков и ферримагнетиков. Дифференциальные характеристики. Магнитный момент изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан взаимодействия атомов и молекул с магнитным полем, расщепление уровней. Намагниченность и восприимчивость.	1
<u>Диамагнетизм и парамагнетизм.</u> Ларморовский диамагнетизм атомов с полностью заполненными внутренними оболочками. Ланжевеновский парамагнетизм. Функция Ланжевена. Закон Кюри. Функция Бриллюэна. Парамагнетизм редкоземельных ионов. Парамагнетизм переходных элементов группы железа. Природа эффекта замораживания орбитального момента импульса. Влияние нецентральности внутрикристаллического поля. Расщепление уровней внутрикристаллическим полем. Парамагнетизм Ван Флека. Парамагнитная и диамагнитная восприимчивость электронов проводимости. Парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау.	2-3
<u>Ферромагнетизм.</u> Внутреннее магнитное поле Вейсса. Закон Кюри-Вейсса. Электростатическая природа поля Вейсса. Модель Гейзенберга. Механизмы обмена спинами. Спиновые волны, магноны. Температурная зависимость намагниченности: закон Блоха.	4
<u>Антиферромагнетизм и ферримагнетизм. Ферримагнетики.</u> Условие ферримагнетизма. Температура Кюри и восприимчивость ферримагнетиков. Закон Кюри для антиферромагнетиков. Температура Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков ниже температуры Нееля.	5-6
<u>Доменная структура.</u> Ферромагнитные домены. Движение границ при намагничивании, эффект Баркгаузена. Параметры кривой намагничивания. Причины образования доменов. Основные компоненты энергии доменов. Границы доменов. Стенки Блоха. Неелевские границы.	7
<u>Методы исследования микромагнитных структур.</u> Метод магнитной суспензии (метод порошковых фигур). Магнитооптические методы. Методы просвечивающей электронной микроскопии. Электронная голография.	8
<u>Сложные микромагнитные структуры.</u> Страйп-структуры. Цилиндрические магнитные домены. Микромагнетизм одноосных кристаллов. Микромагнитная структура мелких частиц.	9

<u>Микромагнетизм нанокристаллических ферромагнетиков.</u> Теория Герцера. Модель хаотической анизотропии. Наведенная магнитная анизотропия. Микромагнитный риппл. Теория Хоффманна. Внутренние поля рассеяния.	10
<u>Динамика намагничения.</u> Намагничение смещением доменных стенок. Вращение магнитных моментов доменов. Динамические свойства ферромагнетиков. Фактор магнитных потерь. Потери на вихревые токи. Магнитное последствие. Размерный резонанс. Собственный магнитный резонанс. Предел Сноэка. Уравнение Ландау-Лифшица. Устойчивая доменная структура в переменных полях.	11
<u>Магнетизм низкоразмерных структур.</u> Магнитные многослойные системы. Обменное смещение. Обменно-связанные магнитомягкие подслои для сред хранения информации. Гигантское магнитное сопротивление. Антиферромагнитная связь. Использование различной коэрцитивности слоев. Обменное смещение-спиновый затвор. Применения явления гигантского магнетосопротивления. Магнитные нанонити и их применения.	12
<u>Магнитные наноточки.</u> Методы получения магнитных наноточек. Метод электрохимического осаждения. Нанолитография с пористым оксидом алюминия. Намагниченность наноточек. Теория и численное моделирование микромагнитной структуры наноточек. Теоретическая кривая гистерезиса. Фазовая диаграмма. Магнетизм наночастиц. Самоорганизованные сверхрешетки магнитных частиц. Суперпарамагнетизм.	13-14
<u>Спинтроника. Устройства спинтроники.</u> Магнитные полупроводники в спинтронике. Примеси переходных металлов в полупроводниках A^2B^6 и A^3B^5 . Энергии d-уровней. Обменное взаимодействие между зоной и d-электроном. Замещающий Mn. Полуметаллические ферромагнитные оксиды. Классификация полуметаллов. Методы анализа спиновой поляризации. Фотоэмиссия. Магнитные туннельные переходы. Точечный контакт. Сверхпроводящий туннельный переход (метод Тедрова-Месервея). Андреевское отражение в точечном контакте. Эпитаксиальные сплавы Гейслера. Инжекция спина и спиновый транспорт в полупроводниковых устройствах спинтроники. Спин-поляризованный полевой транзистор.	15-16
<u>Современные магнитные носители информации.</u> Современные тенденции в развитии накопителей на жестких дисках. Магнитооптические носители информации. Магнитная память произвольного доступа (MRAM). Принцип действия.	17
<u>Высокочастотные магнитные устройства.</u> Интегрированные индукторы для радиочастотной области. Микроиндукторы для преобразователей постоянного тока. ВЧ-сенсоры магнитного поля.	18

Рабочая программа дисциплины ООП

Электронная и зондовая микроскопия

*Лекторы: профессор Панов Владимир Иванович, к.ф.-м.н., Васильев А.Л.
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)*

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	наносистемы и наноматериалы
Семестр:	3
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	зачет
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Электронная микроскопия занимает важное место в исследованиях структуры и состава наноматериалов. Современная электронная микроскопия отличается большим набором опциональных приставок, в частности приставками микроанализа, существенно расширяющих возможности структурной микроскопии, высокой яркостью, когерентностью, малым астигматизмом электронных пучков. Важной задачей курса является знакомство студентов с современными возможностями электронной микроскопии. Большое внимание уделяется фундаментальным основам взаимодействия электронных пучков с материалом образцов, основам электронной оптики, основам кинематической и динамической дифракции, основами теории формирования изображения и контраста, приемам спектрометрии в сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии.

Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) – современный метод диагностики и исследования локальных свойств поверхности, систем пониженной размерности и наноструктур.

Настоящий курс направлен на обеспечение наиболее полного знакомства с основными методами СЗМ и принципами работы конкретных приборов.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать возможности современной электронной и зондовой микроскопии в исследовании структуры и состава наноматериалов, приобрести навыки постановки экспериментального исследования и должной подготовки образцов.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Имеется учебное пособие по курсу в печатном и электронном варианте.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является одним из базисных курсов в подготовке современных физиков-экспериментаторов, специализирующихся в области науки материалов, физики наносистем и нанотехнологий. Он является необходимым дополнением к дисциплинам: "Рентгеноструктурный анализ твердых тел и наносистем", "Радио- и ИК спектроскопия твердотельных систем пониженной размерности", "Методы элементного анализа твердых тел".

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. D.B. Williams and C.D. Carter. Transmission Electron Microscopy. A Textbook for Materials Science. Plenum Press, New York, London, 1996.
2. Д. Бадон, У. Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. Глава 4.,5. Техносфераю Москва. 20041.

3. В.Л. Миронов - «Основы сканирующей зондовой микроскопии», Нижний Новгород, 2004, 110с.

2. Р.З. Бахтизин, Р.Р. Галлямов - «Физические основы сканирующей зондовой микроскопии», Уфа, РИО БашГУ, 2003, 82с.

3. С.А. Рыков – «Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур», СПб, Наука, 2001, 53с.

4. К. Окура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин, А.В. Зотов, М. Катаяма – «Введение в физику поверхности», Наука, 2006, 490с.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. С.А. Рыков – «Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур», СПб, Наука, 2001, 53с.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. N.G.Chechenin et al, TEM Study of Ti-N and Cr-N Precipitates Formation in Iron Alloys” -*Phys.Stat. Solidi*, v A177 (2000) 117-125

2. J.Th.M. De Hosson, N. Chechenin, T. Vystavel, "Nano-structured magnetic films investigated with Lorentz Transmission electron microscopy and electron holography", in: Nano Structures, eds. Th.Tsakalagos, I. Ovid'ko, A. Vasudevan, Kluwer, New York, 463 - 480 (2003)

3. Н.С. Маслова, В.И. Панов – «Сканирующая туннельная микроскопия атомной структуры, электронных свойств и поверхностных химических реакций», УФН, **157**, 185 (1989).

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

http://danp.sinp.msu.ru/dist_obraz.htm

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме письменного ответа на поставленные вопросы и последующего собеседования с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации; вопросы во время лекций, вопросы во время практических занятий в лабораториях ПЭМ и СЭМ, СТМ, список вопросов к зачёту.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Взаимодействие электронов с веществом. Основные процессы при взаимодействии электронов с веществом. Рассеяние электронов. Характеристическое рентгеновское излучение. Тормозное рентгеновское излучение. Генерация вторичных электронов. Медленные вторичные электроны. Быстрые вторичные электроны. Оже-электроны. Генерация электронно-дырочных пар и катодолюминесценция. Генерация плазмонов и фононов. Радиационные повреждения.	1
Просвечивающий и сканирующий электронные микроскопы. Характеристики электронного пучка. Яркость. Когерентность и энергетический разброс. Пространственная когерентность и размер источника. Стабильность. Источники электронов (электронные пушки). Источник с термоэлектронной эмиссией. Автоэмиссионные источники.	2
Электронные линзы. Апертура. Дефекты линз. Сферическая абберрация. Хроматическая абберрация. Астигматизм. Разрешение. Глубина фокуса и глубина поля.	3
Регистрация электронов и изображения. Вакуумная система. Держатели образцов.	4
Практические занятия в лабораториях ПЭМ и СЭМ. Промежуточный зачет.	5
Дифракция электронов в кинематическом приближении. Закон Брэгга. Обратная решетка. Индексы Миллера-Вейса. Сфера Эвальда. Вектор отклонения. Атомный и	6

структурный факторы рассеяния. Разрешенные и запрещенные рефлексы. Индексирование рефлексов. Дифракция от сверхрешеток. Размерные эффекты в дифракции.	
Элементы динамической теории дифракции. Экстинкция. Колонковое приближение. Уравнения Хови-Уэлана и их решение. Интенсивность прямого и дифрагированного пучков. Эффективный вектор отклонения. Лауэ зоны. Двойная дифракция. Дифракция в многофазных системах. Кикучи-дифракция. Дифракция в сходящемся пучке.	7
Спектрометрия в ПЭМ и СЭМ. Рентгеновская спектрометрия. Спектрометры рентгеновского излучения. Полупроводниковые детекторы рентгеновского излучения. Электроника спектрометра. Возможные артефакты. Меры по уменьшению фона. Количественный анализ. Пространственное разрешение. Спектрометрия потерь энергии электронов в ПЭМ. Фокусировка спектрометра. Пик нулевых потерь. Малые потери энергии. Область больших потерь.	8
Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов (СТМ, АСМ, СОМБП). Физические принципы работы основных СЗМ: сканирующего туннельного, сканирующего атомного-силового, сканирующего оптического в ближнем поле. Использование различных физических эффектов для построения других типов СЗМ. Техническая реализация устройств сканирования СЗМ, перемещения изучаемых объектов и электронных систем управления. Методы формирования и обработки изображений. Методы приготовления зондов для различных СЗМ и их использование в различных режимах работы приборов.	9
Локальная туннельная микроскопия и спектроскопия. Простейшая теория туннелирования. Резонансное туннелирование. Влияние сил изображения. Особенности туннельных процессов в микроконтактах. Влияние локализованных состояний (ЛЗ) на процессы туннелирования. Формулы для туннельного тока и туннельной проводимости через ЛЗ.	10
Туннельные процессы в низкоразмерных системах. Радиус локализации и энергия ЛС низкоразмерных систем. Туннельные эффекты размерного квантования. Неравновесные туннельные процессы. Влияние неравновесных процессов на СТМ и СТС измерения.	11
СТМ и СТС чистых поверхностей полупроводников. Примеры применения СТМ и СТС для изучения реконструкции и релаксации поверхности. Атомная и электронная структура поверхностей Si (111) 7x7, GaAs (110) и др.	12
Изучение процессов адсорбции методами СТМ и СТС. Адсорбция атомов кислорода на поверхности GaAs (110). Локальные поверхностные химические реакции. Реакция Si (111) 7x7 + NH ₃ . Туннельная микроскопия и спектроскопия молекулярных систем и наноструктур на поверхности полупроводников.	13
СТМ и СТС диагностика примесных состояний. Радиус локализации и особенности туннельной проводимости изолированных примесей в полупроводниках. Идентификация изолированных примесей в полупроводниках. Зарядовые эффекты. Осцилляции зарядовой плотности Фриделя. СТМ/СТС взаимодействующих примесных состояний.	14
Атомно-силовая микроскопия. Зависимость силового взаимодействия острия с поверхностью от расстояния между ними. Приближенный метод вычисления силового взаимодействия между острием и плоскостью. Пространственное разрешение атомного силового микроскопа. Проблемы восстановления параметров исследуемой поверхности в АСМ диагностике.	15
Практические занятия в лабораториях СТМ/СТС.	16
Спектроскопия в атомно-силовой микроскопии. Спектроскопия межатомных и межмолекулярных взаимодействий. Определение констант взаимодействий. Прецизионная силовая микроскопия.	17
Применение СЗМ для целей нанотехнологии. Методы манипуляции атомами и молекулами на поверхности. Локальная модификация поверхности. Создание поверхностных наноструктур методами СЗМ.	18

Рабочая программа дисциплины ООП

Дифракционный структурный анализ наносистем и наноматериалов.

Лектор: к.ф.-м.н., доцент Орешко Алексей Павлович
(кафедра физики твердого тела физического факультета МГУ)

Код курса:
Статус: Обязательный
Аудитория: Специальный
Специализация:
Семестр: 8
Трудоёмкость: 1 з.е.
Лекций: 32 часа
Семинаров:
Практ. занятий:
Отчётность: зачет
Начальные компетенции: М-ПК-1
Приобретаемые компетенции: М-ПК-3, М-ПК-6

Аннотация курса

Данный курс подготовлен в рамках Приоритетных направлений развития МГУ “Система подготовки и воспроизводства кадров нового поколения” и “Энергоэффективность, наноматериалы и бионаносистемы”.

Основная задача физики конденсированного состояния вещества – создание материалов со специальными наперед заданными уникальными свойствами, получила значительное развитие с приходом нанотехнологий и биотехнологий, которые реально позволяют конструировать и создавать такие материалы.

Однако эта задача не может быть решена без развития методов изучения реальной структуры кристаллов, так как физические свойства кристаллов зависят не только от состава и структуры, но и от наличия дефектов. Определение атомно-кристаллической структуры, числа, типа и характера распределения дефектов может быть достигнуто дифракционными методами.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основы теории и основные методы дифракционного структурного анализа как идеальных, так и реальных кристаллов; уметь проводить и интерпретировать результаты эксперимента, выполнять расчет дифракционной картины на различных моделях дефектного кристалла и твердого тела в аморфном состоянии.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к специальному физическому практикуму и связан с дисциплинами “Физика конденсированного состояния вещества”, “Электронная сканирующая и просвечивающая микроскопия”, “Рентгеноструктурный анализ наносистем” и “Методы элементного анализа твердых тел”.

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Специальный физический практикум, научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины “Методы элементного анализа твердых тел”.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Илюшин А.С., Орешко А.П. Введение в дифракционный структурный анализ. М., 2008.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. Жданов Г.С., Илюшин А.С., Никитина С.В. Дифракционный и резонансный структурный анализ. М.: Наука, 1980.
2. Иверонова В.И., Ревкевич Г.П. Теория рассеяния рентгеновских лучей. М.: МГУ, 1978.
3. Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. М.: Физматлит, 2007.

4. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к лекциям.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; задания для практических (лабораторных) занятий в специальном физическом практикуме; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросы к экзамену; темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Введение. Проблема “Состав-структура-свойства твердых тел”. Дифракционный анализ – единственный метод определения атомной структуры вещества.	1
Физика рентгеновских лучей. Основные понятия и элементы структурной кристаллографии.	2
Приближение кинематической теории дифракции. Геометрия дифракционной картины рассеяния кристаллом. Основная задача дифракционного структурного анализа. Применение рядов Фурье в структурном анализе конденсированных сред.	3
Рассеяние излучений атомом. Атомная амплитуда рассеяния, длина и поперечное сечение рассеяния. Интенсивность рассеяния регулярными и искаженными совокупностями атомов. Основная формула дифракционного структурного анализа.	4
Разделение полного рассеяния на структурные максимумы и диффузный фон. Усреднение по положению дефектов в образце.	5
Картина рассеяния на твердых растворах с дальним и ближним порядком.	6
Влияние тепловых колебаний на картину рассеяния рентгеновских лучей. Фактор Дебая-Валлера. Тепловой диффузный фон.	7
Картина рассеяния для деформированного поликристаллического образца. Определение областей когерентного рассеяния.	8
Дифрактометрия порошков и анализ полученных данных.	9
Классификация дефектов по Кривоглазу. Дефекты I и II класса.	10
Малоугловое рассеяние. Определение среднего размера рассеивающих частиц.	11
Рассеяние рентгеновских лучей аморфной средой.	12
Синхротронное излучение и его применение для структурных исследований конденсированных сред. Рентгеноструктурный анализ с разрешением по времени. Структурные исследования с использованием аномальной дифракции и поляризационной анизотропии аномального рассеяния СИ. Магнитное рентгеновское рассеяние. EXAFS-спектроскопия. XANES-спектроскопия.	13, 14
Проблемы структурной физики наносистем, решаемые с помощью дифракционных методов.	15, 16

Рабочая программа дисциплины ООП

Основы биоорганической химии

Лектор: д.х.н., проф. **Зык Николай Васильевич**, к.х.н., доцент **Мажуга Александр Георгиевич**
(кафедра органической химии Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	Наносистемы и наноматериалы
Семестр:	6
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	24 часа
Семинаров:	8 часов
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	зачет
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Биоорганическая химия является областью науки, изучающей строение и механизм функционирования биологически важных молекул и биополимеров с позиции современной органической химии. Основа биоорганической химии является фундаментом для усвоения ряда дисциплин, связанных с изучением процессов жизнедеятельности организма.

Приобретаемые знания и умения	В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные принципы органической химии; уметь использовать полученные данные при прогнозировании свойств биомолекул.
Образовательные технологии	Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.
Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП	Курс является теоретическим базисом к дисциплинам: «Биохимия», «Нейрофизика и основы когнитивных наук»
Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего	Специальный физический практикум, научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины «Биохимия», «Нейрофизика и основы когнитивных наук».
Основные учебные пособия, обеспечивающие курс	<ol style="list-style-type: none">1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. "Биоорганическая химия" М., Дрофа, 2008, с. 542.2. Тюкавкина Н.А., Зурабян С.Э., Белобородов В.Л. "Органическая химия. Специальный курс" М., Дрофа, 2008, с. 592.3. Травень В.Ф. Органическая химия.-М.: ИКЦ "Академкнига", 2004. т.1,2, с. 727.
Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс	<ol style="list-style-type: none">1. Курц А.Л., Ливанцов М.В., Чепраков А.В., Ливанцова Л.И., Зайцева Г.С., Кабачник М.М. "Задачи по органической химии с решениями" М., Бином, 2006, с. 263.2. Ливанцов М.В., Зайцева Г.С., Ливанцова Л.И., Гулюкина Н.С., Болесов И.Г. "Задачи по общему курсу органической химии", М., химфак МГУ, 2006, с. 263.

3. Солдатенков А.Т., Колядина Н.М., Шендрик И.В. "Основы органической химии лекарственных веществ" М., Мир, 2003, с. 192.

4. Солдатенков А.Т., Колядина Н.М., Ле Гуан Ань, Буянов В.Н. "Основы органической химии пищевых, кормовых и биологически активных добавок" М., ИКЦ "Академкнига", 2006, с. 280.

5. Машковский М.Д. "Лекарственные средства. Пособие по фармакотерапии для врачей" М., Медицина, 2008, с. 1206.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Teaching bioorganic chemistry: An introductory course. // *J. Chem. Educ.*, **1992**, 69 (4), p 268.

2. Bioorganic chemistry: Peptides and Proteins. // *J. Chem. Educ.*, **1999**, 76 (7), p 905.

3. Bioorganic Chemistry: A Natural and Unnatural Science// *J. Chem. Educ.*, **1998**, 75 (6), p 705.

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

www.chem.msu.ru

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме контрольной работы с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Фонды оценочных средств

Контрольные вопросы для текущей аттестации на семинарах; задания для практических (лабораторных) занятий; вопросы и задачи для контрольных работ и коллоквиумов; вопросов к зачётам и экзаменам.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Предмет биоорганической химии, ее связь с органической химией, биохимией, фармакологией и медициной. Основные положения теории химического строения. Алканы. Химические свойства алканов.	1
Алкены. Алкины. Алкадиены. Методы получения. Химические свойства. Полимеры.	2
Ароматические соединения. Электрофильное и нуклеофильное ароматическое замещение.	3-4
Одноатомные и многоатомные спирты. Непредельные спирты. Получение. Химические свойства. Фенол. Биологически активные производные спиртов и фенолов: нитроглицерин, эринит, крезол, тимол, адреналин, дофамин, убихинон и т.д.	5
Оксосоединения. Альдегиды. Кетоны. Методы получения. Химические свойства. Непредельные альдегиды и кетоны. Ароматические альдегиды и кетоны.	6
Карбоновые кислоты и их производные. Галогенангидриды. Ангидриды. Сложные эфиры. Амиды. Нитрилы. Оксокислоты. Лекарственные препараты анестезин и новокаин.	7
Оксикислоты. Углеводы. Классификация углеводов. Получение и свойства альдоз. Ксилит и сорбит, их медико-биологическое значение. Витамин С (L-аскорбиновая кислота). Нуклеозиды. Строение, конфигурация гликозидного центра. Гидролиз.	8-9
Алифатические амины. Ароматические амины. Получение. Химические свойства. Холин (мембранопротектор), ацетилхолин (нейромедиатор), О-фосфатэтанолламин. Лекарственный препарат димедрол.	10
Аминокислоты. Пептиды и белки. Понятие о ферментах и ферментативном катализе. Ферменты как хиральные катализаторы, обеспечивающие стереоспецифичность сложных химических превращений, протекающих в живых организмах (in vivo). Общее представление о составе, строении, физических и химических свойствах белков.	11-12
Гетероциклические соединения. Пяти- и шестичленные гетероциклы. Гетероциклы как структурный элемент природных соединений (пуриновые и пиримидиновые основания). Ненаркотические анальгетики - производные пиразолона-5. Антипирин, амидопирин, аналь-	13

гин.	
Нуклеиновые кислоты. Общее представление о составе и строении нуклеиновых кислот. Первичная структура нуклеиновых кислот: последовательность и соотношение нуклеотидных компонентов. Водородные связи. Комплементарность нуклеиновых оснований в ДНК. Фосфодиэфирная связь. АДФ, АТФ. Нуклеозидполифосфаты - интермедиаты реакций <i>in vivo</i> с переносом энергии в биохимических процессах.	14
Низкомолекулярные биорегуляторы. Стероиды. Структура гонана. Углеводы – родоначальники групп стероидов. Стероидные гормоны.	15
Роль биоорганической химии в биохимии и бионанотехнологии.	16

Рабочая программа дисциплины ООП

Введение в физику полупроводников

Лектор: к.ф.-м.н., доцент *Форш Павел Анатольевич*
(кафедра общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	наносистемы и наноматериалы
Семестр:	7
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	нет
Практ. занятий:	нет
Отчётность:	зачет
Начальные компетенции:	М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-2

Аннотация курса

Излагаются основные представления и методы современной физики полупроводников. Рассматриваются основы зонной теории твердого тела, статистика электронов и дырок в полупроводниках, статистика рекомбинации неравновесных носителей заряда. Приводятся основные сведения об элементах кинетической теории явлений переноса в полупроводниках. Уделяется внимание элементам физики неупорядоченных полупроводников.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются базовые знания по основным разделам современной физики полупроводниковых систем.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс дает необходимые знания для освоения дисциплин: "Квантовая теория твердых тел", "Физические явления на поверхности твердого тела", "Физика наносистем", "Оптика твердого тела и систем пониженной размерности", "Наногетероструктурная электроника".

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины "Физические явления на поверхности твердого тела", "Физика наносистем", "Наногетероструктурная электроника".

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Г.Г. Зегря, В.И. Перель. Основы физики полупроводников. М. Физматлит, 2009.
2. П. Ю, М. Кардона. Введение в физику полупроводников. М.: Физматлит, 2002.
2. В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Физика полупроводников. М. Наука, 1990.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. И.Я. Миттова, М.К. Шаров, О.Б. Яценко. Исследование электрофизических свойств полупроводников. Воронеж. Изд-во ВГУ, 2004.
2. В.Н. Брудный. Сильно легированные полупроводники. Томск. Изд-во ТГУ, 2001.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. C.S. Sangeeth, M. Jaiswal, R. Menon. Charge transport in transparent conductors: A comparison. J. Appl. Phys., v. 105, 063713, pp. 1-6, 2009.
2. О.Е.Парфенов, Ф.А.Шклярчук. О температурной зависимости термоэдс неупорядоченных полупроводников. Физика и техника полупроводников,

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Контроль успеваемости	Промежуточная аттестация проводится на 9 неделе в форме контрольной работы. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса. Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, контрольные работы по домашнему заданию.
Фонды оценочных средств	Вопросы и задачи для контрольных работ, вопросы к зачету, темы докладов и рефератов.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Отличительные черты полупроводников. Строение некоторых полупроводниковых кристаллов.	1
Основные приближения зонной теории. Теорема Блоха. Квазиимпульс и зона Бриллюэна. Понятие об энергетических зонах.	2
Методы расчета энергетического спектра полупроводников.	3-4
Понятие об эффективной массе. Изознергетические поверхности. Многодолинные полупроводники. Примеры зонных структур некоторых полупроводников. Прямозонные и непрямозонные полупроводники.	5
Уравнение движения электрона в кристалле во внешних полях. Заполнение зон и введение дырочного описания.	6
Метод эффективной массы Мелкие уровни в гомеополярных кристаллах (водородоподобные примесные центры). Глубокие примесные уровни в полупроводниках.	7-8
Плотность состояний и функция распределения электронов по квантовым состояниям. Концентрации электронов и дырок в зонах.	9
Статистика заполнения примесных уровней. Многозарядные примесные центры.	10
Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Квазиравновесие и квазиуровни Ферми.	11
Уравнение кинетики рекомбинации в пространственно однородных и неоднородных системах.	12
Времена жизни электронов и дырок. Межзонная рекомбинация. Время жизни при излучательной рекомбинации.	13
Рекомбинация через примеси и дефекты. Статистика Шокли-Рида. Рекомбинация через многозарядные примеси.	14
Элементы кинетической теории явлений переноса в полупроводниках.	15-16
Основные представления физики неупорядоченных полупроводников.	17-18