**Климонский С.О.**

**Программа МФК**

**«НАНОМАТЕРИАЛЫ И ПРИБОРЫ НА ИХ ОСНОВЕ»**

Структура курса

1. Введение – 2 часа
2. Строение и свойства твёрдых тел – 2 часа
3. Физика наномира – 2 часа
4. Методы изготовления нанообъектов – 2 часа
5. Методы микроскопии наноструктур – 2 часа
6. Введение в физику полупроводников – 2 часа
7. Наноразмерные полупроводники – 4 часа
8. Неорганические непроводящие наноматериалы – 1 час
9. Магнитные наноматериалы и устройства – 3 часа
10. Наноразмерные формы углерода и их применение – 1 час
11. Фотонные кристаллы – 1 час
12. Плазмонные нанотехнологии в оптике – 2 часа

Общая трудоемкость – 24 аудиторных часа

План лекций

 **Лекция 1. Введение** (2 часа)

 Область масштабов наномира. Специфика наномира. Терминология наномира. Многообразие объектов наномира. Нульмерные, одномерные, двумерные и трехмерные нанообъекты. История предмета. Место нанотехнологий в настоящее время и в будущем.

 **Лекция 2. Строение и свойства твёрдых тел** (2 часа)

Строение вещества. Агрегатные состояния. Специфика твердого агрегатного состояния. Кристаллы. Понятие о свободных электронах, электронном зонном спектре и плотности электронных состояний. Зона Бриллюэна. Понятие о металлах, полупроводниках и диэлектриках.

 **Лекция 3. Физика наномира** (2 часа)

Понятие о квантовых размерных эффектах. Спектр электрона в одномерной квантовой яме.

 Эффекты нанометрового масштаба размеров: изменения полной энергии системы, изменения структуры системы, влияние ограниченности размеров на электронные, тепловые, химические, механические, магнитные и оптические свойства нанообъектов.

 **Лекция 4. Методы изготовления нанообъектов** (2 часа)

Процессы «сверху вниз»: измельчение, литография, механическая обработка. Процессы «снизу вверх»: методы осаждения тонких пленок, химические и электрохимические подходы к синтезу наночастиц и наноструктур. Методы изготовления нанопористых мембран. Методы шаблонного роста наноматериалов. Самосборка и самоорганизация наносистем.

**Лекция 5. Методы микроскопии наноструктур** (2 часа)

Электронная микроскопия: общие вопросы, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия.

Зондовые методы: туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия и др.

 **Лекция 6. Введение в физику полупроводников** (2 часа)

Специфика полупроводников: электронная и дырочная проводимость, легирование, эффективная масса, оптические свойства, экситоны, фононы. Типы полупроводников. Прямые и непрямые полупроводники. Широкозонные, узкозонные и бесщелевые полупроводники. Полупроводниковые диоды, триоды, полевые транзисторы, фотодетекторы и светоизлучающие диоды.

 **Лекция 7. Наноразмерные полупроводники** (4 часа)

Электронные квантовые размерные эффекты в полупроводниках. Квантовые ямы, квантовые проволоки, квантовые точки и сверхрешетки. Методы изготовления квантовых ям и квантовых точек. Физические явления в полупроводниковых наноструктурах (модуляционное легирование, квантовый эффект Холла, резонансное туннелирование, баллистический перенос, специфика поглощения и излучения и пр.). Свойства наноразмерного кремния. Устройства на основе полупроводниковых наноструктур.

**Лекция 8. Неорганические непроводящие наноматериалы** (1 час)

Методы получения неорганических нанопорошков и наноматериалов. Консолидация нанопорошков. Структура и механические свойства наноматериалов. Конструкционные, оптические, каталитические и другие применения неорганических наноматериалов.

 **Лекция 9. Магнитные наноматериалы и устройства** (3 часа)

Общие представления о магнитных материалах. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Магнитная анизотропия. Процессы намагничивания и перемагничивания.

 Специфика наномагнитных материалов. Мягкие и жесткие магнитные наноматериалы. Материалы и устройства с гигантским магнетосопротивлением. Наномагнетизм в технике.

 **Лекция 10. Наноразмерные формы углерода и их применение** (1час)

Аллотропные формы углерода. Графен и углеродные нанотрубки: структура, синтез, свойства. Применение графена и нанотрубок.

 **Лекция 11. Фотонные кристаллы** (1 час)

Понятие о фотонных кристаллах. Синтез, строение и свойства фотонных кристаллов.

 **Лекция 12. Плазмонные нанотехнологии в оптике** (2 часа)

Плазменные колебания и волны. Генерация плазмон-поляритонных волн на периодически структурированной поверхности проводника. Плазмонные наночастицы в цветных стеклах - загадки дихроизма. Гигантское комбинационное рассеяние.

Основная литература:

1. Научные основы нанотехнологий и новые приборы. Учебник-монография под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана. Долгопрудный: «Интеллект», 2011. 528 с.

Дополнительная литература:

1. Дж.М. Мартинес-Дуарт и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. М.: «Техносфера», 2007. 367 с.
2. Нанотехнологии. Азбука для всех. Под ред. Ю.Д. Третьякова. М.: «Физматлит», 2009. 368 с.
3. С.О. Климонский, В.В. Абрамова, А.С. Синицкий, Ю.Д. Третьяков. Синтез и особенности структуры фотонных кристаллов на основе опалов и инвертированных опалов. // Успехи химии, 2011, т. 80, № 12, с. 1244-1262.
4. Ткачев С. В., Губин С. П. Графен и родственные наноформы углерода. М.: Ленанд, 2015. 112 с.