Научно-исследовательский семинар «Технологии атомного масштаба на поверхности твердого тела»

|  |  |
| --- | --- |
| Название дисциплины | Научно-исследовательский семинар «Технологии атомного масштаба на поверхности твердого тела» |
| Автор(ы) программы | Ельцов Константин Николаевич, д.ф.-м.н., проф. ФФ НИУ ВШЭ, зав. отделом ИОФ РАН |
| Курс | 5-й курс |
| Модули | 1 и 2 модули |
| Объём курса | 1 семинар в неделю*.* |
| Элементы контроля | Еженедельные домашние задания, их презентации и обсуждения, презентация заданной статьи в конце 2-го модуля |

# 1. Аннотация курса

Основная идея семинара – ознакомление с современным состоянием в области применения сканирующей зондовой микроскопии для анализа пространственного распределения атомов и молекул, их электронного, колебательного и спинового состояния на поверхности металлов, полупроводников и изоляторов, а также в качестве технологического инструмента для создания искусственных атомных структур с атомной точностью. Помимо этого в задачу семинара входит обучение чтению оригинальных статей, понимания базовой идеи статьи, экспериментальных процедур, обсуждения и выводов, а также представления в виде презентаций и ведения научных дискуссий.

# 2. Программа курса

1. Основные знания по физике поверхности. Сверхвысокий вакуум. Двумерная кристаллография. Электронная спектроскопия и дифракция. Адсорбция. 3 лекции.
2. Что могут сканирующие зондовые микроскопы. Вводная лекция.
3. Обсуждение книги Миронова В.Л. «Основы СЗМ». Сканирующая туннельная микроскопия.
4. Обсуждение книги Миронова В.Л. «Основы СЗМ». Атомно-силовая микроскопия.
5. Ознакомление с книгой Bert Voigtländer «Scanning Probe Microscopy». Использование в качестве гида по темам семинара.
6. Сканирующая туннельная спектроскопия. Основы и оригинальные статьи по применению.
7. Частотно-модулированная АСМ. Основы. Возможности. Оригинальные статьи.
8. Неупругое туннелирование электронов. Основы. Возможности. Оригинальные статьи.
9. Технологические операции с использованием СЗМ.
10. СТМ-литография на поверхности кремния. Атомно-тонкие резисты.
11. Зачет. Презентация одной оригинальной статьи по изученной теме.

# 3. Элементы контроля и правила оценивания

1. Оценки по всем формам контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.
2. *Контроль освоения курса в течение модуля:* представление и анализ оригинальных статей по теме в течение всего обучения, 1 и 2 модули.
3. *Итоговый контроль* – Анализ и представление заданной статьи на одну из пройденных тем в конце 2-го модуля.
4. Текущая оценка Отекущая рассчитывается как взвешенная сумма оценок за представленные домашние задания, О1,О2,… Оn:
5. Отекущая = 1/n × О1 + 1/n ×О2 +…+1/n × Оn,
6. Способ округления – арифметический.
7. Итоговая оценка рассчитывается как взвешенная сумма текущей оценки и оценки за экзамен, Оэкзамен:
8. Оитоговая = 0,5×Отекущая + 0,5×Оэкзамен

# 4. Рекомендованная литература и ссылки по теме

1. К. Оура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин, А. В. Зотов, М. Катаяма. Введение в физику поверхности, Москва, Наука, 2005 - 496 с.

2. В.Л. Миронов, Основы сканирующей зондовой микроскопии, Н. Новгород, 2004 - 110 с.

3. Bert Voigtländer «Scanning Probe Microscopy» Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015 – 382 с.

4. Оригинальные статьи 2005-2023 г.г. в журналах Nature, Physical Review Letters, Science, Reviews of Modern Physics и др.