


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук
(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

УТВЕРЖДАЮ

 Директор
С.В. Иванов

« 13 » 04 2022 г.



Рабочая программа факультативной дисциплины

МЕТОДЫ И ТЕХНИКА ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

по научной специальности 1.3.5 Физическая электроника

Принята решением Ученого совета
от 04.03.2022 № 03/22

Санкт-Петербург

2022 г.



Рабочая программа факультативной дисциплины «Методы и техника физического эксперимента» составлена на основании программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.5 Физическая электроника (далее – программа аспирантуры)

1. ЦЕЛИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель данной программы – передача аспирантам необходимых знаний об основных принципах устройства и функционирования экспериментального оборудования, методах исследований, проводимых в данной области в ФТИ им. А.Ф. Иоффе, используемых средствах диагностики и контроля, и привитие им практических навыков работы на имеющихся в исследовательском арсенале Института установках, приборах и устройствах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Рассматриваемая дисциплина входит в факультативную часть программы аспирантуры с целью расширения и углубления научных и прикладных знаний аспирантов и организуется по выбору и желанию аспиранта.

При ее изучении используются знания и навыки, полученные аспирантами при изучении курсов общей и теоретической физики, атомной физики и квантовой механики и предшествующих курсов специальных дисциплин по научной специальности 1.3.5. Физическая электроника.

Актуальность изучения дисциплины определяется важной ролью эксперимента в области физической электроники, в физики поверхности, вакуумной электронике и в других разделах современной науки и техники. Тематика курса соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации: «Индустрия наносистем и материалов», «Информационно-телекоммуникационные системы».

В результате прохождения курса обучения по данной программе, аспирант должен освоить основные методы проведения эксперимента, в условиях высокого вакуума и с использованием современных методов диагностики поверхности.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Методы и техника физического эксперимента» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с программой аспирантуры.

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут

знать:

- основные методы проведения эксперимента по физической электронике;
- способы получения высокого вакуума,
- основные принципы применения методов атомной физики для диагностики поверхности

уметь:

- работать на современном аналитическом оборудовании,
- самостоятельно выбирать методы исследований изучаемых явлений при взаимодействии фотонов, электронов и ионов с газами, плазмой и поверхностью твердого тела;

владеть опытом:

- самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физической электроники;
- экспериментальных исследований процессов атомных столкновений, свойств поверхности твердых тел, взаимодействия плазма-стенка на современном инновационном оборудовании.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов:

Вид учебной работы	Трудоем- кость (в ча-
Аудиторные занятия	14
Лекции	14
Семинары	-
Лабораторные занятия	-
Другие виды учебной работы (зачет по темам курса)	
Внеаудиторные занятия	94
Самостоятельная работа аспиранта	94
ИТОГО	108
Вид итогового контроля	зачет

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Тема	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу, и трудоемкость (в часах)			
		Лек.	Сем.	Лаб.	СР
1	Основные направления экспериментальных исследований в области физ.электроники. Классификация, параметры, принципы устройства используемого экспериментального оборудования. Существующие в институте техники и технологии (физи-	2			15

	ка поверхности, масс-спектрометрия, физика атомных столкновений).				
2	Правила безопасности при работе на экспериментальных установках	3			15
3	Основные принципы получение высокого вакуума в физике поверхности.	3			15
4	Теория и практика электронной микроскопии.	3			15
5	Масс-спектрометрические методы	3			15
6	Изучение поверхности твердого тела и межфазовых границ методами электронной и ионной спектроскопии и микроскопии				16
	ИТОГО	14			94

4.3. Содержание разделов и тем

1. Основные направления экспериментальных исследований в области физической электроники

Классификация, параметры, принципы устройства используемого экспериментального оборудования. Существующие в институте техники и технологии (физика поверхности, масс-спектрометрия, физика атомных столкновений).

2. Правила безопасности при работе на экспериментальных установках

3. Основные принципы получение высокого вакуума в физике поверхности.

Основные типы вакуумных насосов. Проводимость вакуумных трубопроводов.

Измерения вакуума. Обезгаживание и очистка поверхностей.

4. Теория и практика электронной микроскопии. Основные принципы работы просвечивающих и растровых электронных микроскопов. Основные закономерности рассеяния электронов. Вторичные электроны.

5. Масс-спектрометрические методы.

Статические и динамические масс-спектрометры. Квадрупольные масс-спектрометры. Время пролетные масс-спектрометры. Примеры применения масс-спектрометров.

6. Изучение поверхности твердого тела и межфазовых границ методами электронной и ионной спектроскопии и микроскопии.

Дифракция электронов, Оже анализ. Фотоэлектронная спектроскопия. Рассеяние ионов на поверхности. Обратное резерфордское рассеяние.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине «Методы и техника физического эксперимента» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа студентов;
- в) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончании;
- г) зачет по окончании изучения дисциплины.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют чётко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ее ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Методы и техника физического эксперимента» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний аспирантов организован как выступления на семинарах.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация завершает изучение дисциплины «Методы и техника физического эксперимента». Форма аттестации – зачет в письменной или устной форме.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Исследование поверхности методом масс-спектрометрии. Основные измеряемые параметры.
2. Статические и динамические масс-спектрометры.
3. Квадрупольные масс-спектрометры
4. Время пролетные масс-спектрометры
5. Проведение количественного анализа методом масс-спектроскопии. Использование лазерного излучения и ионизации электронным пучком для количественного анализа.
6. Метод исследования поверхности с помощью рассеяния медленных ионов. Основные характеристики.
7. Метод обратного Резерфордского рассеяния (ОРР).
8. Учет электронного экранирования при анализе данных, полученных методом ОРР.
9. Фотоэлектронная спектроскопия для анализа элементного состава.
10. Особенности применения фотоэлектронной спектроскопии для химического анализа.
11. Оже-спектроскопия. Основные характеристики.
12. Основные типы спектрометров, применяемых в электронной спектроскопии.
13. Метод дифракции электронов.
14. Применение пучков ионов для имплантации и модификации поверхности.
15. Пробеги ионов в веществе, основные каналы потери энергии, разброс пробегов.
16. Основные принципы работы растровых и просвечивающих электронных микроскопов.
17. Побеги электронов в веществе, Основные закономерности рассеяния электронов. Вторичные электроны.
18. Рентгеновская флюоресцентная спектроскопия.
19. Ионный микроскоп.
20. Термодесорбционные методы исследования поверхности.
21. Спектроскопия характеристических потерь при использовании рассеяния электронов.
22. Фокусировка пучков заряженных частиц.
23. Основные типы вакуумных насосов.
24. Проводимость вакуумных трубопроводов.
25. Методы измерения вакуума.

26. Обезгаживание и очистка поверхности в вакуумных установках.
27. Основные правила электробезопасности при работе с высоким напряжением.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Распыление твёрдых тел ионной бомбардировкой. Ред. Бериша, М., Мир, т.1, 1984, т.2, 1986.
2. Методы анализа поверхности. – Ред. Зандера, М., Мир, 1979.
3. Применение электронной спектроскопии для анализа поверхности. Под ред. Х.Ибаха, пер. с англ. Зинатне, Рига, 1980.
4. Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Под ред. Д.Бриггса и М.П.Сиха; пер с англ. М., Мир, 1987.
5. Э.Зандерна. Физика поверхности: Пер. с англ. / Э. Зенгуил. — Москва: Мир, 1990. 536 с.
6. А.М. Шикин. Взаимодействие фотонов и электронов с твердым телом. СПб, ВВМ, 2008, - 294 с.
7. Л.И. Розанов. Вакуумная техника, М., Высшая школа, 1990.
8. Т.Л. Саксаганский .Вакуумная техника и технология электрофизического эксперимента, М.1989
9. А.П. Сенченков. Техника физического эксперимента, М., Энергоиздат, 1983
10. Технические описания, инструкции по эксплуатации используемого лабораторного оборудования и установок, составленные предприятиями-изготовителями или создателями уникальных установок в ФТИ; описания и инструкции к используемым прикладным программным продуктам.

7.2. Интернет-ресурсы

Отечественные журналы:

1. Известия вузов. Материалы электронной техники
(<http://met.misis.ru/index.php/jour> ;
2. Квантовая электроника (<http://www.quantum-electron.ru/pa.phtml?page=onlcont>;
3. Микроэлектроника (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900;

Отечественные журналы в переводе:

1. Quantum Electronics (Russian Microelectronics
(<http://link.springer.com/journal/11180> ;

Иностранные журналы:

1. Advanced Electronic Materials (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%292199-160X>);
2. IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering (<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291931-4981>);
3. Journal of Electronic Materials (<http://link.springer.com/journal/11664>);
4. Microelectronic Engineering (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01679317>);
5. Microelectronics Journal (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00262692>);
6. Microwave Journal (<http://www.microwavejournal.com/publications/>);
7. Nature Photonics (<http://www.nature.com/nphoton/index.html>);
8. Opto-Electronics Review (<http://link.springer.com/journal/11772>);
9. Progress in Quantum Electronics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00796727>);
10. Solid-State Electronics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00381101>)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория
2. Мультимедийный проектор
3. Персональный компьютер
4. Лаборатория физики атомных столкновений с установкой для комплексного неразрушающего исследования состава и структуры приповерхностных слоев и пленок нанометровых толщин по рассеянию ионов средних энергий -РИСЭ.
5. Лаборатория физики элементарных структур на поверхности, располагающая экспериментальным комплексом для исследования поверхности методами электронной спектроскопии, дифракции и СТМ и узкоапертурным времяпролетным атомным зондом.
6. Лаборатория атомных столкновений в твердых телах, имеющая многоканальный электронный спектрометр для одновременного измерения энергетических и угловых распределений оже- и рассеянных электронов для неразрушающего определения профиля элементного состава по глубине твердого тела и фотоэлектронный спектрометр LHS-11.

Программу разработал:

г.н.с., заведующий лабораторией
лаб. атомных столкновений в твердых телах,
д-р физ. - мат. наук Зиновьев А.Н.