

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
по науке и инновациям
Комаров И.И.

« ____ » _____ 2026 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В
АСПИРАНТУРУ**

Группа научных специальностей – 1.3. Физические науки
Научная специальность – 1.3.5. Физическая электроника

Москва, 2026

1. Физические основы электроники

1. Строение атома. Принцип Паули. Классификация уровней в атоме. Электронные переходы в атоме: излучательные переходы, автоионизация, оже-эффекты.
2. Столкновения атомных частиц. Упругое сечение рассеяния атомных частиц.
3. Плазма твердого тела, дебаевский радиус, дебаевский слой плазмы.
4. Диэлектрическая проницаемость плазмы металлов и полуметаллов, функция потерь энергии.
5. Явления переноса заряда в твёрдом теле. Дифференциальные и интегральные сечения упругого и неупругого рассеяния.
6. Механизмы рассеяния носителей заряда. Электропроводность полупроводников и металлов.
7. Классификация твёрдых тел по величине электропроводности.
8. Твёрдое тело как газ квазичастиц (фононы, электроны проводимости, плазмоны, поляроны, экситоны, магноны).
9. Контактные явления. Различные типы контактов. Контакт твердое тело–вакуум. Контакт металл–полупроводник.
10. Аналитические и численные методы описания переноса быстрых заряженных частиц в твердом теле.
11. Неупругое многократное рассеяние атомных частиц в твёрдых телах. Решение Ландау.
12. Упругое многократное рассеяние атомных частиц в твёрдых телах. решение Гаудсмита–Саундерсена
13. Распыление. Механизмы распыления. Формула Зигмунда для коэффициента распыления.

2. Электроника твёрдого тела

14. Кристаллическая структура твёрдого тела. Типы точечных дефектов в кристаллах. Акцепторные и донорные примеси в полупроводниках.
15. Динамика электрона в идеальном твёрдом теле. Волновая функция. Электроника твердого тела. Теорема Блоха. Квазиимпульс электронов в твёрдом теле.
16. Зоны Бриллюэна, законы дисперсии. Зонный энергетический спектр.

3. Физические основы электроники поверхности

17. Кристаллическая структура реальной поверхности.
18. Модификация поверхности. Релаксация. Реконструкция.
19. Физическая и химическая адсорбция.
20. Электронные свойства поверхности твёрдого тела. Модельные представления потенциала на поверхности.
21. Поверхностные состояния. Поверхностная (“проектированная”) зона Бриллюэна. Работа выхода.
22. Структура поверхности. Тонкие плёнки на поверхности твёрдого тела. Рост тонких плёнок. Механизмы роста плёнок. Образование островковой плёнки.

4. Эмиссионная электроника

23. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричардсона–Дешмана. Работа выхода.
24. Вакуумный диод с термокатодом и его вольт-амперная характеристика.
25. Автоэлектронная эмиссия. Формула Фаулера–Нордгейма. Взрывная эмиссия.
26. Влияние внешнего электрического поля на эмиссию с поверхностей проводника и полупроводника. Эффект Шоттки.
27. Фотоэлектронная эмиссия. Основные законы фотоэффекта. Красная (длинноволновая) граница фотоэффекта.
28. Рентгеновская фотоэлектронная эмиссия. Фотоэлектронные процессы. Основное уравнение фотоэффекта.

29. Вторичная электронная эмиссия. Спектры вторичных электронов. Коэффициент истинной вторичной электронной эмиссии.

5. Методы анализа поверхности и тонких пленок

30. Методы регистрации частиц. Вторичный электронный умножитель. Фотоэлектронный умножитель. Полупроводниковый детектор. Сцинтилляционный счетчик.
31. Методы измерения энергии заряженных частиц. Энергоанализатор с задерживающим полем. Отклоняющие электростатические энергоанализаторы.
32. Электронная микроскопия. Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). Конструкция ПЭМ. Режимы работы ПЭМ.
33. Электронная микроскопия. Сканирующий (растровый) электронный микроскоп (РЭМ). Конструкция РЭМ. Режимы работы РЭМ.
34. Туннельная и атомно-силовая микроскопия. Физические основы и конструкции микроскопов.
35. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Химический анализ поверхности твёрдого тела: элементный, количественный, фазовый и послойный.
36. Электронная оже-спектроскопия. Основное уравнение. Варианты оже-процессов. Переход Костера–Кронига. Элементный анализ. Определение относительной атомной концентрации.
37. Спектроскопия характеристических потерь энергии (СХПЭЭ). Конструкции приборов. Одночастичные и многочастичные возбуждения электронов в твёрдом теле.
38. Ионная спектроскопия. Спектроскопия обратного рассеяния Резерфорда.
39. Масс-спектроскопия вторичных ионов. Конструкции приборов.
40. Спектроскопия рассеяния ионов низких и средних энергий.

Литература

1. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. — М.: Наука, 2005. — 500 с.
2. Зенгуил Э. Физика поверхности: Пер. с англ. / Зенгуил Э. — М.: Мир, 1990. — 536 с.
3. Эмиссионная электроника / Н. Н. Коваль; под ред. Ю.С. Протасова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 595 с.
4. Владимиров Г. Г., Физика поверхности твердых тел: учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 352 с.
5. Бродский А.М., Гуревич Ю.Я. Теория электронной эмиссии из металлов. / Бродский А.М., Гуревич Ю.Я. — М.: "Наука.", 1973. — 255с.
6. Эмиссионная электроника / Н. Н. Коваль; под ред. Ю.С. Протасова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 595 с.
7. Калашников Н.П., Ремизович В.С., Рязанов М.И. Столкновения быстрых заряженных частиц в твердых телах. — М.: Атомиздат, 1980. — 272 с.
8. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. — М.: Мир, 1989. — 342 с.
9. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. — М. Мир, 1989. — 564 с.
10. Афанасьев В.П., Явор С.Я. Электростатические энергоанализаторы для пучков заряженных частиц. — М.: Наука, 1978.
11. В.Л. Миронов. Основы сканирующей зондовой микроскопии. — Изд. Ин-та физики микроструктур РАН, Н. Новгород, 2004.
12. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применения / под ред. Уэйли Жу, Жонг Лин Уанг; пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 582 с.
13. Бриггс Д., Сих М. П. Анализ поверхности методами оже - и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. — Москва: Мир, 1987. — 600 с.

14. Физические принципы электронной микроскопии / Р.Ф. Эгертон — М.: Техносфера, 2010. — 304 с.
15. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия/ Д. Синдо, Т. Оикава – М.: Техносфера, 2006. – 256 с.

«Согласовано»

И.о. директора ИТАЭ
д.т.н., доцент

Дудолин А.А.