



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Правительство Российской Федерации

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред»

для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Автор программы:

Ваньков Александр Борисович, к.ф.-м.н., e-mail: vankov@issp.ac.ru,

Москва - 2017

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения разработчика программы.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям аспиранта по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», профиля 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и аспирантов направления 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Программа разработана в соответствии с:

Образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия»;

Образовательной программой 03.06.01 «Физика и астрономия» подготовки аспиранта.

Учебным планом подготовки аспирантов по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», **утвержденным в 2017 г.**

2. Цели освоения дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Оптика конденсированных сред» являются

- получение фундаментальных знаний в области оптической спектроскопии и физики конденсированных сред
- формирование у аспирантов профессиональных компетенций, связанных с использованием современных теоретических концепций области в спектроскопии и физики конденсированных сред;
- развитие умений, основанных на полученных теоретических знаниях, позволяющих на профессиональном уровне создавать и применять физические модели для оптического исследования свойств конденсированных сред, анализировать процессы, происходящие в твердых телах
- получение аспирантами навыков самостоятельной исследовательской работы, предполагающей изучение специфических алгоритмов, инструментов и средств, необходимых для постановки и решения задач в области оптики конденсированных сред;
- получение практических навыков использования экспериментальных и теоретических данных для решения задач в области оптики конденсированных сред



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

сред, анализа функциональных характеристик полупроводниковых материалов, проектирования свойств простейших опто-электронных устройств.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- современные модели и приближения, используемые для описания свойств твердотельных объектов;
- основные виды квазичастиц, используемых для описания свойств твердотельных объектов; И характерные энергетические спектры квазичастиц
- основные механизмы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом и в частности, кристаллическими структурами;
- основные методики оптического исследования свойств и характеристик твердотельных объектов;
- основные характеристики, отличия и способы реализации твердотельных объектов, проявляющих свойства различной размерности;
- иметь представление о технологических процессах, используемых для изготовления наноструктур;
- перспективы развития физики конденсированного состояния, а также связанные с этим передовые технологии,
- перспективные методы спектроскопии твердых тел и их применение в научно-исследовательской деятельности,

Уметь:

- применять полученные знания для научной работы в области физики конденсированных сред
- критически анализировать статьи в области физики конденсированных сред, опубликованные в научных журналах и доложенные на международных конференциях
- решать аналитические задачи по темам, перечисленных в Программе курса лекций;

Иметь навыки (приобрести опыт):



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

- работы с современной научной литературой в области физики конденсированных сред;
- использования разнообразных методик для оптических исследований твердых тел;
- оценки основных параметров твердотельных объектов и наноструктур, влияющих на их оптические свойства;
- анализа оптических спектров твердотельных объектов и извлечения информации об их энергетическом спектре;

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие компетенции:

Компетенция (указываются в соответствии с ОС НИУ ВШЭ)	Код по ОС НИУ ВШЭ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	УК-1	Демонстрирует способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.	УК-3	Демонстрирует готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Готовность использовать	УК-4	Демонстрирует готов-	Лекционные занятия.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.		ность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.	Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физики конденсированного состояния.	ПК-1	Демонстрирует способность выполнять теоретические и экспериментальные исследования в области физики конденсированного состояния.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области теоретической и прикладной физики с использованием современных физических методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	ОПК-1	Демонстрирует способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области теоретической и прикладной физики с использованием современных физических методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности.	ОПК-2	Демонстрирует способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин аспирантов, обучающихся на базовой кафедре «Физика конденсированного состояния». В соответствии с рабочим учебным планом по направлению «Физика конденсированного состояния» дисциплина «Оптика конденсированного состояния» читается аспирантам первого курса.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих базовых дисциплинах:

- Квантовая механика
- Теория поля
- Электронные свойства твердых тел
- Математика

Для освоения учебной дисциплины, аспиранты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: -

5. Тематический план учебной дисциплины

№	Название темы	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Оптические свойства объемных твердых тел	40	8			32
2	Низкоразмерные структуры	32	6			26
3	Экситоны в кристаллах и наноструктурах	40	8			32
4	Плазмоны в металлах	20	4			16



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

	инизкоразмерных проводниках					
5	Комбинационное рассеяние света в кристаллах и наноструктурах	20	4			16
	Итого	152	30			122

6. Формы контроля знаний аспирантов

Тип контроля	Форма контроля	Полугодие	Параметры
		2	
Текущий	<i>Домашние задания</i>	2 домашних задания по разделам 1 и 2	
Промежуточный	<i>Письменная контрольная работа</i>	10 неделя	
Итоговый по дисциплине	<i>Устный экзамен</i>	20 неделя	



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
 Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
 профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
 аспирантуре

7. Формы контроля знаний аспирантов

Тип контроля	Форма контроля	1 год, модули				Параметры
		1	2	3	4	
Текущий	Домашнее задание			+		Две письменные работы, включающие в себя решение отдельных задач по оптическим свойствам и параметрам энергетического спектра объемных и низкоразмерных конденсированных сред (разделы 1 и 2), выполняются дома, в течение 3-го модуля. Для успешного выполнения аспирантами домашних заданий преподаватель-лектор проводит еженедельные консультации.
	Контроль-ная работа				+	Контрольная работа по разделам «Оптические свойства объемных твердых тел», «Низкоразмерные структуры», «Экситоны в кристаллах и наноструктурах» 4 модуль, выполняется в аудитории в письменной форме в течение 80 минут,
Итоговый	Экзамен				+	Совмещенный письменно-устный экзамен, проводится в аудитории, время на написание и подготовку к ответам 80 минут.

8. Критерии оценки знаний, навыков



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Текущий контроль знаний по дисциплине «Оптика конденсированных сред» осуществляется путем оценки усвоения материала при выполнении 2-х домашних заданий.

Примеры домашних заданий:

1. Пользуясь методом матриц переноса рассчитать и нарисовать качественное поведение дисперсии интерфейсных волн в трехслойной структуре В-А-В. Слой А – диэлектрик толщины a с $\varepsilon = \varepsilon_A$, а слои В – металл с $\varepsilon_B(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$.

2. Оценить количество нульмерных размерно-квантованных состояний в зоне проводимости интерфейсной $GaAs/AlAs$ квантовой точки, образованной за счет одномонослойной флуктуации ширины квантовой ямы $GaAs/AlAs$. Считать $E_{gap}(GaAs) = 1.5 \text{ эВ}$, $E_{gap}(AlAs) = \infty$, $m_e(GaAs) = 0.067m_0$, ширина $GaAs$ квантовой ямы $d = 5.65 \text{ нм}$ постоянная решетки $a_{GaAs} = 0.565 \text{ нм}$, размер интерфейсной квантовой точки в плоскости – квадрат со стороной $b = 40 \text{ нм}$. Определить энергию края оптического поглощения такой интерфейсной квантовой точки, считая $m_h(GaAs) = m_h(AlAs) = 0.3m_0$.

Промежуточный контроль знаний проводится в форме контрольной работы.

На контрольной работе выдается 3 письменных задачи по разделам 1 и 2.

Оценка за контрольную выставляется по 10-бальной шкале.

Итоговый контроль знаний проводится в форме письменно-устного экзамена.

Экзамен - письменно-устный. Аспиранту выдается задание в виде 2-х устных вопросов из программы курса (в соответствии с выбранным экзаменационным билетом) и одной письменной задачи. Экзамен проводится в аудитории, время на написание и подготовку к ответам 80 минут. Оценка за экзамен выставляется по 10-ти балльной системе.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

9. Порядок формирования оценок по дисциплине

Итоговая оценка за курс равна $S = 0.3 X + 0.7 Y$, где X - оценка за письменную контрольную, Y – оценка за экзамен.

10. Содержание дисциплины

1. Раздел 1 Оптические свойства объемных твердых тел

1. Осцилляторная модель диэлектрической функции среды. Комплексная диэлектрическая проницаемость и соотношения Крамерса-Кронига.

2. Поглощение и отражение света с участием фононов. Фононные поляритоны.

3. Межзонные оптические переходы. Правила отбора при оптических переходах.

Общий объем аудиторных занятий: 8 часов

Общий объем самостоятельной работы: 8 часов.

Источники:

Базовый учебник: Часть 1. Главы: 1,2,3,5,6,7,8,9,10,11.

Основная литература: Книги 2, 3, 4.

2. Раздел 2 Низкоразмерные структуры

1. Аналитическое поведение оптических постоянных в особых точках энергетического спектра. Особенности Ван-Хова для межзонных и внутризонных переходов в системах пониженной размерности.

2. Метод матриц переноса для вывода закона дисперсии квазичастиц. Электроны и фотоны в сверхрешетках. Фотонные кристаллы.

Общий объем аудиторных занятий: 6 часов



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Общий объем самостоятельной работы: 6 часов.

Источники:

Базовый учебник: Часть 1. Главы 9, 13,14 и Часть 2. Главы: 1,2,3,4.

Основная литература: Книга 2.

3. Раздел 3 Экситоны в кристаллах и наноструктурах

1. Экситоны Ванье-Мотта трехмерные и низкоразмерные. Экситонные поляритоны в трехмерных и двумерных системах.

2. Размерное квантование носителей заряда и экситонов в квантовых точках. Поглощение света и излучение квантовых точек.

3. Люминесценция полупроводниковых материалов и наноструктур. Фотовозбуждение и излучательная рекомбинация. Принципы оптической ориентации спинов свободных носителей в полупроводниках. Эффект Ханле.

Общий объем аудиторных занятий: 8 часов

Общий объем самостоятельной работы: 8 часов

Источники:

Базовый учебник: Часть 1. Главы 20, 21,22 и Часть 2. Главы: 2.

Основная литература: Книги 2, 4.

4. Раздел 4 Плазмоны в металлах и низкоразмерных проводниках

1. Оптические свойства свободных электронов в металле.

2. Плазменные колебания в низкоразмерных проводниках. Объемные и поверхностные плазмоны. Понятие о плазмоне.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Общий объем аудиторных занятий: 4 часов

Общий объем самостоятельной работы: 4 часов

Источники:

Базовый учебник: Часть 1. Главы 16, 17.

Основная литература: Книги 2, 4.

Дополнительная литература: Книга Стефана А. Майера «Плазмоника».

5. Раздел 5 Комбинационное рассеяние света в кристаллах и наноструктурах

1. Комбинационное рассеяние света. Рассеяние на нейтральных возбуждениях: изучение дисперсии одночастичных и коллективных возбуждений.

2. Оптические свойства металлических наночастиц. Теория Ми. Эффекты гигантского усиления комбинационного рассеяния. Нелинейные оптические свойства металлических наночастиц.

Общий объем аудиторных занятий: 4 часов

Общий объем самостоятельной работы: 4 часов

Источники:

Базовый учебник: Часть 1. Глава 17.

Основная литература: Книги 2, 4.

Дополнительная литература: Статья Кулик Л.В. УФН 2006, Статья М. Moskovits Rev.Mod.Phys.1984



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

11. Образовательные технологии

На лекциях проводится разбор типовых задач. Выполнение домашних заданий, предполагает, в том числе, и самостоятельное изучение материала, связанного с темой лекций.

В процессе обучения особое внимание уделяется:

- методам аналитических и численных расчетов энергетических спектров кристаллических тел, низкоразмерных электронных систем в полупроводниковых наноструктурах.
- методам аналитических и численных расчетов плазменных резонансов металлических наночастиц, а также низкоразмерных проводящих систем.
- методам расчетов фотонно-кристаллических зон в многослойных периодических диэлектрических средах.

12. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации аспирантов

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к **зачету (экзамену)** по всему курсу для самопроверки аспирантов:

1. Метод матриц переноса для вывода закона дисперсии квазичастиц. Энергетический спектр электронов в периодической сверхрешетке. Нормальные и солитонные электромагнитные поля в оптических сверхрешетках. Поверхностные поляритоны.
2. Осцилляционная модель диэлектрической функции среды. Соотношения Крамерса-Кронига. Поглощение и отражение света с участием фононов. Фононные поляритоны.
3. Оптические переходы между зонами полупроводниковых кристаллов. Плотность энергетических состояний носителей в системах различной размерности. Возмущение электронной системы электромагнитным излучением. Законы сохранения и правила отбора при оптических межзонных и внутризонных переходах электронов в полупроводниковых наноструктурах. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Связь коэффициента поглощения с полной вероятностью оптических переходов.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

4. Дипольно разрешенные и запрещенные оптические переходы. Аналитическое поведение оптических констант вблизи особых точек энергетического спектра электронов. Особенности Ван-Хова. Точки минимума, максимума и седловые точки. Связь спектра межзонного и межподзонного поглощения с особенностями зонной структуры полупроводника.
5. Экситоны Ванье-Мотта. Объемные, и низкоразмерные экситоны. Боровский радиус трехмерных и двумерных экситонов. Энергия связи и дисперсия экситонов. Экситонный вклад в спектр межзонного поглощения полупроводника. Магнитоэкситоны. Диамагнитный сдвиг энергии экситонов. Диамагнитные экситоны. Энергия связи диамагнитных экситонов.
6. Размерное квантование электронных и фононных возбуждений квантовых точек. Поглощение света и фотолюминесценция квантовых точек. Оптические методы исследования ансамблей и одиночных квантовых точек.
7. Экситонные эффекты в спектрах отражения и пропускания. Отражение света от одиночной квантовой ямы вблизи экситонного резонанса. Концепция экситонных поляритонов. Экситонные поляритоны в структурах с периодическим набором квантовых ям.
8. Квазидвумерные экситонные поляритоны. Квантовые микрорезонаторы. Дисперсия фотонов в квантовом микрорезонаторе. Частота Раби для экситонных поляритонов. Закон дисперсии двумерных экситонных поляритонов. Представление о Бозе-Эйнштейновской конденсации двумерных экситонных поляритонов.
9. Фотолюминесценция полупроводников. Принципы оптической ориентации спинов носителей. Представление о спектроскопии фотолюминесценции твердых тел. Принципы оптической ориентации спинов свободных носителей в полупроводниках. Матричные операторы возмущения циркулярно поляризованным светом для межзонных оптических переходов. Уравнения кинетики для стационарного фотовозбуждения спиновых подсистем носителей. Стационарный и нестационарный эффект Ханле.
10. Плазменные колебания в низкоразмерных проводниках. Объемные и поверхностные плазмоны. Понятие о плазмонике. Оптические резонансные свойства металлических наночастиц. Локализованные поверхностные плазмоны.
11. Понятие о неупругом рассеянии света. Законы сохранения в процессе рассеяния света. Осцилляторная модель рассеяния света. Двойной оптический резонанс. Неупругое рассеяние света на нейтральных возбуждениях электронного газа в системах пониженной размерности.
12. Неупругое рассеяние света на молекулярных колебаниях. Феноменология эффекта поверхностно-усиленного рамановского рассеяния (SERS) и фотолюминесценции. Электромагнитный механизм усиления SERS. Эффекты формы и размера.



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Примеры заданий промежуточного контроля

Промежуточный контроль осуществляется путем написания аспирантами контрольной работы. Индивидуальное задание выполняется в аудитории в письменной форме и рассчитано на 80 минут.

Вариант задания к контрольной работе.

1. Пользуясь методом матриц переноса рассчитать и нарисовать качественное поведение дисперсии интерфейсных волн в трехслойной структуре В-А-В. Слой А – диэлектрик толщины a с $\varepsilon = \varepsilon_A$, а слои В – диэлектрик с $\varepsilon_B(\omega) = \varepsilon_\infty \frac{\omega_{LO}^2 - \omega^2}{\omega_{TO}^2 - \omega^2}$.

2. Оценить количество нульмерных размерно-квантованных состояний в зоне проводимости интерфейсной $GaAs/AlAs$ квантовой точки, образованной за счет одномонослойной флуктуации ширины квантовой ямы $GaAs/AlAs$. Считать $E_{gap}(GaAs) = 1.5 \text{ эВ}$, $E_{gap}(AlAs) = \infty$, $m_e(GaAs) = 0.067m_0$, ширина $GaAs$ квантовой ямы $d = 5.65 \text{ нм}$ постоянная решетки $a_{GaAs} = 0.565 \text{ нм}$, размер интерфейсной квантовой точки в плоскости – квадрат со стороной $b = 40 \text{ нм}$. Определить энергию края оптического поглощения такой интерфейсной квантовой точки, считая $m_h(GaAs) = m_h(AlAs) = 0.3m_0$.

3. Вывести характер аналитической зависимости коэффициента межзонного поглощения вблизи дипольно-запрещенного края фундаментального поглощения кристаллов Cu_2O , в которых обе зоны – валентная и проводимости – имеют симметрию s-типа.

13. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Базовый учебник

Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур, Тимофеев В.Б.,
Издательство: "Лань" (2015) ISBN: 978-5-8114-1745-2

Доступна электронная версия базового учебника



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Основная литература

Книга 2:

Оптические свойства наноструктур, Воробьев Л.Е., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А.,
Шалыгин В.А., 2001, ISBN 5-02-024

Книга 3:

Kittel.C, "Introduction to Solid State Physics", 8th Edition, 2005, ISBN : 978-0-471-41526-
8

Книга 4:

Mark Fox, «Optical properties of Solids», 2nd edition, ISBN: 0199573379, 0199573360
(2010)

Дополнительная литература

Д1. Книга:

С.В.Гапоненко, Н.Н.Розанов, Е.Л.Ивченко, А.В.Федоров, А.М.Бонч-Бруевич,
Т.А.Вартанян, С.Г.Пржибельский, Оптика наноструктур. Под редакцией А.В.Федорова: Спб
«Недра», 2005.

Д2. Книга:

Стефан А. Майер, Плазмоника. Теория и приложения, 2011, Издательство: НИЦ
"Регулярная и хаотическая динамика" ISBN: 978-5-93972-875-1

Д3. Статья в журнале: М. Moskovits, "Surface-enhanced spectroscopy", Rev.Mod.Phys.**57**: 3,
pp.783-826.

Д4. Статья в Журнале: Кулик Л.В. и Кирпичев В.Е., «Спектроскопия неупругого
рассеяния света электронных систем в одиночных и двойных квантовых ямах», Успехи
Физических Наук, 176:4, 365 (2006).

Д5. Статья в Журнале: С. Kallin and B. I. Halperin, "Excitations from a filled Landau level in
the two-dimensional electron gas", vol.**30**, N **10**, p.5655 (1984).



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Программа дисциплины «Оптика конденсированных сред» для направления 03.06.01 Физика и астрономия,
профиль 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Д6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, часть 1, том 5, Теоретическая физика. М. Наука-Физматлит, 1995.

Д7. Бреховских В.М. Волны в слоистых средах, М. Наука, 1973.

Д8. Квантовый эффект Холла (под редакцией Р. Пренджа и С. Гирвина). М. Мир, 1989.

Д9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. Том 8. Теоретическая физика, М. Наука, 1982.

Д10. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика, часть 2, Теория конденсированного состояния, том 9, Теоретическая физика, М.Наука, 1978

Д11. Справочник основных физических постоянных. Например:

<http://infotables.ru/fizika/90-osnovnye-fizicheskie-postoyannye-velichiny-tablitsa>

Д12. Энциклопедия: «Большая физическая энциклопедия» в 5-ти томах Год выпуска: 1988 Автор: А.М. Прохоров

Программные средства

Для успешного освоения дисциплины, аспирант использует следующие программные средства:

MS Word, MS Excel, MS Power Point, программный пакет OriginLab

Браузеры.

14. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория, оснащенная меловой доской, мультимедиа - проектором и экраном.