

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
(АСПИРАНТУРА)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

_____ Шелупанов А.А.

« ___ » _____ 2012 г.

ПРОГРАММА

Кандидатского экзамена

по специальности

01.04.07 – ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

КЭ А.03; цикл «Кандидатские экзамены» основной образовательной программы подготовки аспиранта по отрасли 01.00.00 – физико-математические науки,
Специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Программа составлена на основании паспорта научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, в соответствии с Программой-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния по физико-математическим и техническим наукам, утвержденной Минобразования РФ приказом № 274 от 8 октября 2007 г. и основной образовательной программой аспирантской подготовки.

Составители программы: С.В. Смирнов, д.т.н., профессор, профессор кафедры ФЭ, П.Е. Троян, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ФЭ.

ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры ФЭ протокол № _____ от _____ 2012 г.

Программа утверждена на заседании совета факультета ФЭТ, протокол № _____ от « ____ » _____ 2012 г.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. ОППО

И.А. Ярымова

Декан ФЭТ

А.И. Воронин

Зав. обеспечивающей кафедры ФЭ

П.Е. Троян

Разработчик

С.В. Смирнов

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа кандидатского экзамена по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния предназначена для аспирантов (соискателей степени кандидата наук) в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче кандидатского экзамена.

Цель экзамена - установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе. Сдача кандидатского экзамена по специальности обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

Кандидатский экзамен по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния сдается в сроки, определенные учебным планом специальности.

Для проведения экзамена приказом ректора (проректора по науке) создается экзаменационная комиссия, которая формируется из высококвалифицированных научно-педагогических и научных кадров, включая научных руководителей аспирантов. Комиссия правомочна принимать кандидатский экзамен, если в ее заседании участвуют не менее двух специалистов по профилю принимаемого экзамена, в том числе один доктор наук. При приеме экзамена могут присутствовать члены соответствующего диссертационного совета организации, где принимается экзамен, ректор, проректор, декан, представители министерства или ведомства, которому подчинена организация.

Во время проведения экзамена соискателю ученой степени задаются вопросы по основной и дополнительной программам.

Кандидатский экзамен проводится по усмотрению экзаменационной комиссии по билетам или без билетов. Для подготовки ответа аспирант (соискатель ученой степени) использует экзаменационные листы, которые сохраняются после приема экзамена в течение года по месту сдачи экзамена.

На каждого соискателя ученой степени заполняется протокол приема кандидатского экзамена, в который вносятся вопросы билетов и вопросы, заданные соискателю членами комиссии.

Уровень знаний соискателя ученой степени оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Протокол приема кандидатского экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и специальности согласно номенклатуре специальностей научных работников.

Протоколы заседаний экзаменационных комиссий после утверждения ректором (проректором по научной работе) ТУСУРа хранятся в отделе аспирантуры и докторантуры. О сдаче кандидатского экзамена выдается удостоверение установленной формы.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

І ЧАСТЬ. ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Тема 1. Силы связи в твердых телах

Основные вопросы темы:

1.1. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

1.2. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам

шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO₃.

1.3. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

Тема 2. Симметрия твердых тел

Основные вопросы темы:

2.1. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.

2.2. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

2.3. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

Тема 3. Дефекты в твердых телах

Основные вопросы темы:

3.1. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.

3.2. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

Тема 4. Дифракция в кристаллах

Основные вопросы темы:

4.1. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.

4.2. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

Тема 5. Колебания решетки

Основные вопросы темы:

5.1. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

Тема 6. Тепловые свойства твердых тел

Основные вопросы темы:

6.1. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

6.2. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

6.3. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

6.4. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

6.5. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

Тема 7. Электронные свойства твердых тел

Основные вопросы темы:

7.1. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.

7.2. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

7.3. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.

7.4. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.

7.5. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

7.6. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

Тема 8. Магнитные свойства твердых тел

Основные вопросы темы:

8.1. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

8.2. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

8.3. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

8.4. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.

8.5. Спиновые волны, магноны.

8.6. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

Тема 9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

Основные вопросы темы:

9.1. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.

9.2. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

9.3. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).

9.4. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

Тема 10. Сверхпроводимость

Основные вопросы темы:

10.1. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.

10.2. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

10.3. Эффект Джозефсона.

10.4. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

II ЧАСТЬ. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Для каждого диссертанта предлагается своя программа-максимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния в соответствии с его темой кандидатской диссертации и является дополнением к программе-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного, утвержденной коллегией ВАК РФ.

Индивидуальная Дополнительная программа разрабатывается научным руководителем соискателя и кафедрой (лабораторией, центром, институтом) на основании диссертационного исследования соискателя и должна быть представлена в отдел аспирантуры не менее, чем за 2 недели до даты сдачи кандидатского экзамена.

В дополнительной программе должны быть отражены последние научные достижения в области науки, в рамках которой проведено диссертационное исследование, использована новейшая научная отечественная и зарубежная литература, интернет-издания, а также справочно-информационные издания соответствующей тематики. Дополнительная программа должна соответствовать требованиям, предъявляемым к дополнительным программам в ТУСУРе.

Дополнительная программа обсуждается на заседании кафедры (лаборатории, центра, института) ТУСУРа, на которой разработана программа и выносится для утверждения на заседание Совета факультета.

Для соискателей ученой степени, не являющихся сотрудниками или аспирантами ТУСУРа, дополнительная программа обсуждается на заседании кафедры (лаборатории, центра, института) ТУСУРа, на которой ведется подготовка аспирантов по соответствующей научной специальности, и выносится для утверждения на заседание Совета факультета.

Дополнительная программа утверждается Советом факультета не менее, чем за 1 месяц до даты проведения кандидатского экзамена.

Ниже приведена одна из таких программ, соответствующая научной теме кафедры.

Тема 1. Электронные и атомные явления на межфазовых границах твердых тел

Основные вопросы темы:

1.1. Пространственное распределение потенциала и электронной плотности на поверхности металла, осцилляции Фриделя. Работа выхода и ее составные части.

1.2. Гетерогенные системы. Межфазная граница. Явления на границе раздела фаз твердое тело-газ. Физическая и химическая адсорбция. Межмолекулярные взаимодействия при физической адсорбции. Моно- и полимолекулярная адсорбция. Модель адсорбции Ленгмюра. Адсорбционно-десорбционное равновесие. Теплота физической адсорбции. Зависимость теплоты адсорбции от молекулярного веса адсорбата.

1.3. Типы химической связи при хемосорбции. Энергия активации и теплота адсорбции. Диссоциативная адсорбция. Потенциальные поверхности при хемосорбции. Хемосорбция на неоднородной поверхности. Адсорбция. Электронные состояния адатома. Изменение работы выхода при адсорбции, дипольная модель, модель Лэнга. Атомная структура адсорбированного слоя. Взаимодействие адсорбированных частиц. Десорбция, поверхностная диффузия.

Тема 2. Взаимодействие мощного оптического излучения с поверхностью керамических материалов

Основные вопросы темы:

2.1. Процессы поглощения и отражения лазерного излучения керамическими материалами. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.

2.2. Тепловые процессы при лазерном нагреве керамических материалов.

2.3. Скоростная кристаллизация и аморфизация. Классические модели строения аморфных сред. Характеристики ближнего порядка. Пространственные неоднородности среднего и дальнего порядков. Сеточные системы мезодефектов. Иерархическая модель строения неравновесных сред. Количественные методы исследования кинетики процессов релаксации сеточных систем мезодефектов. Корреляция атомного и мезомасштабного упорядочений. Общая схема шкалы порядка – беспорядка.

2.4. Дефектообразование в керамических материалах при воздействии мощного лазерного излучения. Квазикристаллические паркетты, мозаики Пенроуза, Дюно-Каца. Понятие об информодинамическом методе перколяции на древесных графах Кейли, отобража-

ющих квазикристаллические симметрии. Фрактальные концепции в исследовании мезоструктур, древесных графов в координатном и спектральном представлениях.

2.5. Процессы разрушения керамических материалов при воздействии мощного лазерного излучения. Фрагментация и микрофрагментация. Термодинамические аспекты процесса разрушения.

Тема 3. Физические методы исследования поверхности твердого тела и тонких пленок

Основные вопросы темы:

- 3.1. Электронная оже-спектроскопия.
- 3.2. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.
- 3.3. Фотоэлектронная спектроскопия.
- 3.4. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий.
- 3.5. Инфракрасная Фурье-спектроскопия.
- 3.6. Дифракция быстрых электронов. Дифракция медленных электронов. Рентгеновская дифракция под скользящими углами.
- 3.7. Полевая эмиссионная микроскопия. Полевая ионная микроскопия.
- 3.8. Просвечивающая электронная микроскопия.
- 3.9. Отражательная электронная микроскопия.
- 3.10. Микроскопия медленных электронов.
- 3.11. Сканирующая электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия.
- 3.12. Атомно-силовая микроскопия.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

3.1. Основная литература по Части I

1. Смирнов С.В. Физика твердого тела: учебное пособие. – Томск: Издательство научно-технической литературы, 2003. – 276 с. (8).
2. Епифанов Г.И. Физика твердого тела: Учебное пособие. – 4-е изд., стер. – СПб.: Изд-во Лань, 2011. – 288 с. – [электронный ресурс]. – http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2023.
3. Агафонников В.Ф. Физика полупроводниковых структур: учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2007. – 198 с. (41).

3.2. Дополнительная литература по Части I

1. Физика твердого тела. Под редакцией Верещагина И.К. – М.: Высшая школа, 2001. – 238 с. (14).
2. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие / ред.: Л.А. Алешина. – М.: Техносфера, 2007. – 518 с. (1).
3. Протасов Ю.С., Чувашев С.Н. Твердотельная электроника. – Изд. МГТУ им. Баумана, 2003. – 189 с. (2).
4. Чупрунов Е.В. Кристаллография: Учебник для вузов / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фадеев. – М.: Физматлит, 2000. – 496 с. (1).
5. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. – Изд-во «Лань», 2008. – 624 с. – [электронный ресурс]. – <http://e.lanbook.com/view/book/693/>.
6. Павлов П.В. Физика твердого тела: Учебник для вузов / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – 3-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 496 с. (60).
7. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник для вузов. – 4-е изд. стер. – С.-П.: Лань, 2010. – 384 с. – [электронный ресурс]. – http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648.
8. Смирнов С.В. Физика твердого тела: учебное пособие: в 2-х ч. – Томск: ТМЦДО, 2002 – Ч. 2: Физика полупроводников. – Томск: ТМЦДО, 2002. – 127 с (11).

9. Смирнов С.В. Физика твердого тела: учебное пособие. – Томск: ТМЦДО, 2000. – 89 с. (16).

3.3. Основная литература по Части II

1. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: Учебное пособие для вузов: Пер. с англ.; ред. пер.: С.Л. Баженов; авт. дополнения: О. В. Егорова. – М.: Техносфера, 2006. – 377 с. (5).

3.4. Дополнительная литература по Части II

1. Боев С.Г., Ушаков В.Я. Радиационное накопление заряда в твердых диэлектриках и методы его диагностики. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с. (2 экз.).

2. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии: Резонансные и электрооптические методы. – М.: Высшая школа, 1989. – 288 с. (1 экз.).

3. Фазовые переходы и критические явления в конденсированных средах : Цикл работ / И. К. Камилов; ред. А. Г. Казбеков. - Махачкала: ДНЦ РАН, 2002. - 670[2] с.: - ISBN 5-94434-008-8 (в пер.): 140.00 р. (1 экз.).

4. Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния: Пер. с англ. / Алексей М. Цвелик; Пер. П. М. Островский, Пер. Я. В. Фоминов. - М.: Физматлит, 2004. - 320 с.: ил. - Загл. на корешке : Квантовая теория поля. - Библиогр. в конце ст. -Предм. указ.: с. 318-320. - ISBN 5-9221-0237-0: 60.00 р., 95.00 р. (3 экз.).