

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кемеровский государственный университет» (КемГУ)
Физический факультет
Кафедра теоретической физики


УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ИР и И
К.Е. Афанасьев
« 27 » _____ 2012 г.

ПРОГРАММА

Кандидатского экзамена

По специальности 01.04.07. «Физика конденсированного состояния».

КЭ.А.03; цикл КЭ.А.00 «Кандидатские экзамены» основной профессио-
нальной образовательной программы подготовки аспиранта по отрасли
01.00.00. – Физико-математические науки,
01.04.00 – Физика
специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Квалификация (степень) выпускника
Кандидат физико-математических наук

Формы обучения
Очная, Заочная

Кемерово 2012

Общие положения

Цель аспирантской программы по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» – формирование у аспирантов высокого уровня теоретической и профессиональной подготовки, знаний общих концепций и методологических вопросов физики конденсированного состояния, глубокого понимания основных проблем современного материаловедения и умения применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач.

Аспирант за время обучения в аспирантуре обязан сдать кандидатские экзамены по истории и философии науки; иностранному языку и специальной дисциплине (Физика твердого состояния).

Целью кандидатского экзамена по специальной дисциплине в аспирантуре по специальности «Физика конденсированного состояния» является определение уровня знаний, полученных аспирантом, его готовность к выполнению научно-исследовательской деятельности.

Форма проведения кандидатского экзамена: *устная* (экзамен).

Критерии оценки ответов при проведении кандидатского экзамена в аспирантуре:

билеты кандидатского экзамена содержат по 2 вопроса по специальности «Физика конденсированного состояния». Результаты оцениваются по 5-балльной шкале. При ответе на вопросы аспирант должен продемонстрировать глубокие знания по предмету. Вопросы составлены таким образом, чтобы охватить все основные направления физики твердого тела, в которых аспирант должен свободно ориентироваться.

Требования к уровню подготовки аспиранта

При сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине аспирант должен:

Знать:

- Основы высшей математики, законы естественных наук, применяемые в физике конденсированного состояния;
- Информационные технологии, применяемые при моделировании физических свойств твердотельных материалов;
- Физические методы исследования и описания конденсированного состояния вещества;
- Преимущества и недостатки присутствующих методов исследования физических свойств твердых тел;
- Требования к параметрам твердотельных веществ при их практическом применении.

Уметь:

- Использовать аппарат высшей математики при описании фундаментальных свойств конденсированных веществ;
- Применять законы естественных наук в теоретических и экспериментальных исследованиях конденсированных веществ;

Владеть:

- Навыками применения базовых знаний в области математики и естественных наук в определенной области физики конденсированного состояния;

- Теоретическими и экспериментальными методами определения физических характеристик твердотельных веществ;
- Методами обработки полученных данных, визуализации результатов работы с применением современного программного обеспечения.

Программа кандидатского экзамена

Введение.

Предмет, основные теоретические и экспериментальные методы и проблемы физики твердого тела (ФТТ). Роль твердого состояния в природе и в жизни человеческого общества. Экспериментальные свидетельства существования кристаллической решетки. Связь физических свойств с составом, атомной структурой и симметрией кристаллов. Вклад отечественных ученых в развитие ФТТ.

I. Структура твердых тел.

1) Кристаллические и аморфные тела. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Решётка Браве. Точечные и пространственные группы. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Брэгга. Обратная решётка. Зона Бриллюэна.

2) Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии. Атомы внедрения. Комбинации атомных дефектов. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций. Переползание и скольжение. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида. Влияние радиационных, механических, термических воздействий на реальную структуру твердых тел.

II. Энергетический спектр кристаллов.

1) Описание энергетического состояния кристаллов при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц: фононы, магноны, экситоны, плазмоны и другие. Электроны в металле как квазичастицы, квазиимпульс. Закон дисперсии. Теорема Блоха. Граничные условия. Плотность состояний. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.

2) Колебания решётки – фононы. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Теплоёмкость решётки. Дебаевская частота. Фактор Дебая-Уоллера в рассеянии рентгеновских лучей. Ангармонизмы и тепловое расширение.

3) Электронные состояния в кристаллах. Одноэлектронная модель. Приближение сильной и слабой связи. Зонная схема и типы твердых тел. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость, поверхности Ферми. Тензор эффективных масс. Электроны и дырки. Циклотронная масса. Положение Ферми-уровня в невырожденных полупроводниках.

4) Электронные кинетические свойства твердых тел.

III. Кинетические явления.

1) Кинетическое уравнение. Электро- и теплопроводность. Время релаксации. Механизмы рассеяния электронов. Рассеяние на примесях и дефектах. Электрон-фононные взаимодействия. Нормальные процессы и процессы переброса. Магнитосопротивление и эффект Холла.

2) металлы с большой длиной свободного пробега электронов. Аномальный скин-эффект. Циклотронный резонанс и размерные эффекты. Проникно-

вление электромагнитного поля в металл. Всплески. Геликоны. Квантование орбит в магнитном поле. Эффект де-Гааза-ван-Альфена.

3) Полупроводники. Электронная структура типичных полупроводников. Германий. Узкозонные полупроводники. Примесные уровни. Доноры и акцепторы. Температурная зависимость проводимости. p-n переходы. Фотопроводимость. Рекомбинация и релаксация неравновесных носителей. Горячие носители. Эффект Ганна.

IV. Механические, оптические и магнитные свойства твердых тел.

1) Тензор упругих постоянных и упругая деформация. Пластичность кристаллов. Предел текучести. Упрочнение. Внутреннее трение.

2) Механизм поглощения фотонов. Поглощение свободными носителями. Решеточное поглощение. Многофотонные процессы. Комбинационное рассеяние света в кристаллах. Поглощение связанными носителями. Правила отбора. Междузонные прямые и косые переходы. Экситоны. Времена жизни возбуждений, флюоресценция. Безизлучательные переходы. Квантовый выход люминесценции.

3) Диамагнетизм свободного электронного газа. Спиновый парамагнетизм. Закон Кюри. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейса. Обменное взаимодействие. Ферромагнитные домены. Энергия анизотропии. Доменная стенка. Антиферромагнетики. Ферриты.

V. Диэлектрики.

Эффективное поле. Электронная, ионная и бинольная ориентация. Электрострикция и пьезоэлектричество. Пироэлектрики. Сегнетоэлектрики. Электрический гистерезис. Синтоэлектрические домены. Аномалии физических свойств синтоэлектриков в области фазовых переходов. Молекулярные кристаллы.

VI. Термодинамика и фазовые переходы.

Равновесие фаз. Фазовые переходы I и II рода. Флуктуации, твердые растворы и промежуточные фазы. Равновесие в многокомпонентных системах и правило фаз. Диаграммы равновесия. Кинетика фазовых превращений. Диффузионные и бездиффузионные превращения.

VII. Сверхпроводимость.

Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри и вихревые структуры. Основы микроскопической теории. Куперовские пары. Энергетическая щель и квазичастицы в сверхпроводниках. Туннельный эффект. Эффекты Джозефсона.

VIII. Экспериментальные методы физики твердого тела.

1) Рентгенография: методы исследования идеальной и реальной структуры. Электронография и электронная микроскопия. Нейтронография: упругое и неупругое когерентное рассеяние, исследование магнитных структур и фононных спектров. Эффект Мессбауэра. ЭПР. ЯМР. Электрические и гальваномагнитные измерения как методы изучения электронной структуры кристаллов и состава примесей в полупроводниках. Оптические методы исследования, возможности, связанные с использованием лазерных источников света.

2) Тип химической связи. Структурные и физические особенности ион-

ных, ковалентных, металлических и молекулярных кристаллов. Плотнейшие упаковки.

IX. Ионика твердых тел.

Суперионные кристаллы, примеры, физические характеристики. Классическая теория Дебая и Хюккеля. Фазовые переходы в суперионное состояние. Влияние ангармонизма на движение ионов в кристаллах. Метод молекулярной динамики исследования суперионной проводимости. Механизмы суперионного переноса.

X. Физика наноструктур.

Определение наноструктур, особенности их физических характеристик. Размерное квантование, электронные и колебательные спектры наноструктур. Металлические кластеры. Фуллерены и нанотрубки. Графен. Полупроводниковые низкоразмерные структуры. Гетеропереходы и квантовые ямы. Сверхрешётки, квантовые нити, точки.

Список вопросов в билетах кандидатского экзамена

1. Экспериментальные свидетельства и следствия существования кристаллической решетки. Связь физических свойств с составом, атомной структурой и симметрией кристаллов.
2. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Решётка Браве. Точечные и пространственные группы.
3. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Брэгга. Обратная решётка. Зона Бриллюэна.
4. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии. Атомы внедрения. Комбинации атомных дефектов.
5. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Энергия дислокаций. Переползание и скольжение. Размножение дислокаций.
6. Энергетический спектр кристаллов. Закон дисперсии. Теорема Блоха. Граничные условия. Плотность состояний.
7. Колебания решётки – фононы. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Теплоёмкость решётки. Дебаевская и эйнштейновская частоты.
8. Кинетическое уравнение. Электро- и теплопроводность. Время релаксации. Механизмы рассеяния электронов. Рассеяние на примесях и дефектах.
9. Электрон-фононные взаимодействия. Нормальные процессы и процессы переброса. Магнитосопротивление и эффект Холла.
10. Длиной свободного пробега электронов в металлах. Аномальный скин-эффект. Циклотронный резонанс и размерные эффекты.
11. Проникновение электромагнитного поля в металл. Всплески. Геликоны. Квантование орбит в магнитном поле. Эффект де-Гааза-ван-Альфена.
12. Одноэлектронная модель и адиабатическое приближение. Приближение сильной и слабой связи. Зонная схема и типы твердых тел. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость, поверхности Ферми.
13. Тензор эффективных масс. Электроны и дырки. Циклотронная масса. Положение Ферми-уровня в невырожденных полупроводниках.
15. Электронная структура типичных полупроводников. Кремний и герма-

ний. Узкозонные полупроводники. Примесные уровни. Доноры и акцепторы. Температурная зависимость проводимости.

16. *p-n* переходы. Фотопроводимость. Рекомбинация и релаксация неравновесных носителей. Горячие носители. Эффект Ганна.

17. Тензор упругих постоянных и упругая деформация. Пластичность кристаллов. Предел текучести. Упрочнение. Внутреннее трение.

18. Многофотонные процессы. Комбинационное рассеяние света в кристаллах. Поглощение связанными носителями. Правила отбора. Междузонные прямые и косые переходы.

19. Экситоны. Времена жизни возбуждений, флюоресценция. Безизлучательные переходы. Квантовый выход люминесценции.

20. Диамагнетизм свободного электронного газа. Спиновый парамагнетизм. Закон Кюри. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейса. Обменное взаимодействие.

21. Электрострикция и пьезоэлектричество. Пироэлектрики. Сегнетоэлектрики. Электрический гистерезис. Синтоэлектрические домены. Аномалии физических свойств синтоэлектриков в области фазовых переходов. Молекулярные кристаллы.

22. Фазовые переходы I и II рода. Флуктуации, твердые растворы и промежуточные фазы. Равновесие в многокомпонентных системах и правило фаз. Диаграммы равновесия.

23. Рентгенография, электронография и электронная микроскопия. Нейтронография: упругое и неупругое когерентное рассеяние, исследование магнитных структур и фононных спектров.

24. Эффект Мессбауэра. ЭПР. ЯМР. Электрические и гальваномагнитные методы изучения электронной структуры кристаллов и состава примесей в полупроводниках.

25. Тип химической связи. Структурные и физические особенности ионных, ковалентных, металлических и молекулярных кристаллов.

26. Суперионные кристаллы, примеры, физические характеристики. Классическая теория Дебая и Хюккеля. Фазовые переходы в суперионное состояние.

27. Влияние ангармонизма на движение ионов в кристаллах. Метод молекулярной динамики исследования суперионной проводимости. Механизмы суперионного переноса.

28. Определение наноструктур, особенности их физических характеристик. Размерное квантование, электронные и колебательные спектры наноструктур.

29. Металлические кластеры. Фуллерены и нанотрубки. Графен.

30. Полупроводниковые низкоразмерные структуры. Гетеропереходы и квантовые ямы. Сверхрешётки, квантовые нити, точки.

Критерии оценки знаний на экзамене

Оценка «5 (отлично)» на экзамене ставится при:
правильном, полном и логично построенном ответе;
умении оперировать специальными терминами;
использовании в ответе дополнительного материала.

Оценка «4 (хорошо)» на экзамене ставится при:
правильном, полном и логично построенном ответе;
умении оперировать специальными терминами;
использовании в ответе дополнительный материал.
Но в ответе:
имеются негрубые ошибки или неточности;
делаются не вполне законченные выводы или обобщения.

Оценка «3 (удовлетворительно)» ставится при:
схематичном неполном ответе;
неумении оперировать специальными терминами или их незнании;
ответе с одной грубой ошибкой;

Оценка «2 (неудовлетворительно)» ставится при:
ответе на все вопросы билета с грубыми ошибками;
неумении оперировать специальной терминологией;

Список литературы

Основная литература



1. Басалаев Ю.М., Додонов В.Г., Поплавной А.С. Методы исследования структуры твердых тел. // Изд. Томского государственного педагогического университета. – 2008. – 136с.
 2. Гордиенко А.Б. Методы электронной теории в материаловедении. // Изд. КемГУ. ООО «Фирма Полиграф». – 2008. – 254с.
 3. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. // М.: КомКнига. – 2006. – 592с.
 4. Гордиенко А.Б., Поплавной А.С. Электронная структура кристаллов с учетом спиновой поляризации. // Кемерово. ООО ИНТ. – 2010. – 76с.
 5. Басалаев Ю.М., Поплавной А.С. Факторы Дебая-Уоллера в кристаллах. // Кемерово. «Кузбассвузиздат». – 2008. – 127с.
 6. Поплавной А.С. Механизмы суперионного переноса в кристаллах. // Кемерово. ООО ИНТ. – 2009. – 181с.
 7. Уваров Н.Ф. Композиционные твердые электроны. // Новосибирск. Изд. СОРАН. – 2008. – 257с.
- Поплавной А.С. Многомерная кристаллография и ее применение в физике. // Кемерово. ООО ИНТ. – 2010. – 242с.

Дополнительная литература

1. Нокс Р., Голд А. Симметрия в твердом теле. // Наука. – 1980г. – 396с.
2. Анималу А. Квантовая теория кристаллических твердых тел. // М.: Мир. – 1986. – 575с.
3. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. // М.: Мир. – 1988. – 608с.
4. Вонсовский С.В., Каунельсон М.И. Квантовая физика твердого тела. // «Наука». ФМЛ. – 1983. – 336с.
5. Маделунг О. Физика твердого тела. // «Наука». ФМЛ. – 1985. – 412с.
6. Соболев В.В., Немошкаленко В.В. Методы вычислительной физики в теории твердого тела. // Киев. Наук. думка. – 1990. – 293с.
7. Польшгалов Ю.И., Поплавной А.С. Методы вычислений электронной структуры полупроводниковых низкоразмерных структур. // Кемерово. «Кузбасвузиздат». – 1995. – 188с.
8. Поплавной А.С. Квантовая теория рассеяния в твердых телах. // Кемерово. «Кузбасвузиздат». – 1989. – 120с.
9. Иванов-Шиц А.К., Мурин И.В. Ионика твердого тела. // СПб.: Изд-во СПб университета, 2000. - 616 с.
10. Периодическая литература по теме диссертации.

Программа составлена в соответствии с ФГТ к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования и с учетом рекомендаций и ОПОП ППО по специальности подготовки аспиранта 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Составитель рабочей программы: **доктор физико-математических наук, зав. кафедрой теоретической физики, профессор Поплавной Анатолий Степанович.**

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)	подпись
Поплавной А. С.	Доктор физико- математических наук	профессор	Зав. кафедрой теоретической физики	8(3842) 58-31-95, e-mail: popl@kemsu.ru	
Титов Ф. В.	кандидат химических наук	доцент	Декан физического факультета	8(3842) 58-31-95, e-mail: titov@kemsu.ru	
Рябова М.И.	кандидат химических наук		Начальник отдела аспирантуры и докторантуры	8(3842) 58-05-91, e-mail: mir@kemsu.ru	