



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Иркутский государственный университет»
(ФГБОУ ВПО «ИГУ»)
Физический факультет
Кафедра общей и экспериментальной физики



УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
(института)
/ Н.М. Буднев
28 июня 2016 г..

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ОД.6 Физика конденсированного состояния

Направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Направленность (профиль): Физика конденсированного состояния

Квалификация (степень) выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная, заочная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 3
от «28» июня 2016г.

Зам. председателя
В.В. Чумак _____
Чумак

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики

Протокол № 1
от «16» 06 2016г.

Зав. кафедрой
А.А. Гаврилюк _____
Гаврилюк

Иркутск 2016 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	Ошибка! Закладка не определена.
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями).....	6
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий.....	6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	7
6.1. План самостоятельной работы студентов	7
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	8
а) <i>основная литература</i>	Ошибка! Закладка не определена.
б) <i>дополнительная литература</i>	Ошибка! Закладка не определена.
в) <i>программное обеспечение:</i>	9
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):	9
10. Образовательные технологии:	9
11. Оценочные средства (ОС):	10

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель программы - подготовка специалистов в области физики конденсированного состояния; выяснения общих закономерностей физических процессов в конденсированных средах.

Задача курса: формирование физических представлений о закономерностях строения и свойств конденсированных сред для применения этих знаний при работе в различных областях науки и техники.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина «Физики конденсированного состояния» относится к вариативной части базового цикла (Б1.В.) дисциплин и является обязательной дисциплиной (ОД).

Изучение данной дисциплины опирается на знания, полученные при изучении дисциплин: «Высшая математика», «Атомная физика», «Теоретическая физика», «Ядерная физика» и «Взаимодействие излучений с веществом», изучаемых на предыдущих уровнях образования.

В курсе излагаются основные свойства конденсированного вещества, определяющие его оптические, электрические магнитные и др. свойства. Неотъемлемой частью курса являются практические семинарские занятия. Решение большого числа задач различной трудности позволяет студентам не только закрепить и расширить сведения, полученные на лекциях, но и приобрести первоначальный опыт самостоятельной работы над научными проблемами.

Программа курса ориентирована на тематику научных исследований базового института кафедры – Института геохимии ИГХ СО РАН, а также на тематику прикладных исследований в области материаловедения, развиваемых на кафедре.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Согласно ФГОС аспирант по направлению «Физика» должен обладать рядом профессиональных и общепрофессиональных компетенций (ПК и ОПК).

Обучающийся должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями (ОПК)**:

- Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1)

Выпускник должен обладать следующими **профессиональными компетенциями (ПК)**:

- владение новыми методами и методологическими подходами необходимыми для участия в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-2);

В результате изучения курса «Физика конденсированного состояния» аспиранты должны

- **знать** основы высшей математики, законы естественных наук, применяемые в физике конденсированного состояния, физические методы исследования и описания конденсированного состояния вещества, преимущества и недостатки методов исследования физических свойств твердых тел, требования к параметрам твердотельных веществ и материалов при их практическом применении, информационные технологии, применяемые при моделировании физических свойств твердотельных материалов, базы данных для твердотельных материалов;

- **уметь** использовать аппарат высшей математики при описании фундаментальных свойств конденсированных веществ, применять законы естественных наук в теоретических и экспериментальных исследованиях конденсированных веществ, осуществлять поиск твердотельных материалов с оптимальными для практического использования параметрами, готовить сообщения на научно-практической конференции с широким спектром тематики, работать с информацией в области физики конденсированного состояния из различных источников, с отечественной и зарубежной периодической литературой, монографиями и учебниками, электронными ресурсами Интернет;

- **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 и материалов, навыками обсуждения проблемных работ из периодической научной печати, методами сбора информации из различных источников для подготовки к семинару, докладу на конференции, методами обработки полученных данных, визуализации результатов работы с применением современного программного обеспечения

быть готовым к самостоятельному проведению исследований, использованию информационных технологий для решения научных и профессиональных задач

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц Очно/заочно	Курсы			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	48/24				48/24
В том числе:			-	-	
Лекции	24/18				24/18
Практические занятия (ПЗ)	24/8				24/8
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
КСР					

Самостоятельная работа (всего)	96/118				96/118
В том числе:			-	-	
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации (<u>экзамен</u>)	36				36
Общая трудоемкость	часы	180			180
	зачетные единицы	5			5

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Силы связи в твердых телах

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван дер Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. 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. 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.

Раздел 2. Симметрия твердых тел

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. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

Раздел 3. Дефекты в твердых телах

Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

Раздел 4. Дифракция в кристаллах

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

Раздел 5. Колебания решетки

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.

Раздел 6. Тепловые свойства твердых тел

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

Раздел 7. Электронные свойства твердых тел

Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоэдс, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии. Приближение сильно связанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

Раздел 8. Магнитные свойства твердых тел

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля). Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков. Спиновые волны, магноны. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

Раздел 9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований. Эффекты Фарадея, Фохта и Керра. Проникновение высокочастотного поля в проводник Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

Раздел 10. Сверхпроводимость

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейсснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми

(последующими) дисциплинами (модулями)

«Физика конденсированного состояния» читается на 4 курсе аспирантуры и последующих дисциплин не имеет.

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	1. Силы связи в твердых телах	3/2	3/1	-	-	10/16	16/19
2.	2. Симметрия твердых тел	2/1	2/1	-	-	10/14	14/16
3.	3. Дефекты в твердых телах	2/1	2/1	-	-	10/12	14/14

4.	4. Дифракция в кристаллах	2/2	2/1	-	-	9/11	13/14
5	5. Колебания решетки	3/2	3/1	-	-	9/11	15/14
6.	6. Тепловые свойства твердых тел	2/2	2/2			9/11	13/15
7.	7. Электронные свойства твердых тел	3/2	3/1			10/10	16/13
8.	8. Магнитные свойства твердых тел	3/3	3/1			9/11	15/15
9.	9. Оптические и магнитооптические свойства	2/2	2/2			10/12	14/14
10.	10. Сверхпроводимость	2/2	2/2			10/10	14/14
		24/18	24/8			96/118	144

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые профессиональные компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1.	Силы связи в твердых телах	3	Собеседование. Экспресс-опрос	ОПК-1, ПК-2
2.	Раздел 2	Симметрия твердых тел	2	Собеседование. Экспресс-опрос	
3.	Раздел 3	Дефекты в твердых телах	2	Собеседование. Экспресс-опрос	
4.	Раздел 4	Дифракция в кристаллах	2	Собеседование. Экспресс-опрос	
5.	Раздел 5	Колебания решетки	3	Собеседование. Экспресс-опрос	
6.	Раздел 6	Тепловые свойства твердых тел	2	Собеседование. Экспресс-опрос	
7.	Раздел 7	Электронные свойства твердых тел	3	Собеседование. Экспресс-опрос	
8.	Раздел 8	Магнитные свойства твердых тел	3	Собеседование. Экспресс-опрос	
9.	Раздел 9	Оптические и магнитооптические свойства	2	Собеседование. Экспресс-опрос	
10.	Раздел 10	Сверхпроводимость	2	Собеседование. Экспресс-опрос	

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не планируются.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - СПб. : Лань, 2011. - 288 с. : рис., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература).

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2023

2. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник - 4-е изд., стер. - СПб. Лань, 2010. - 391 с. рис., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=648

3. Киттель Чарльз. Введение в физику твердого тела: Учебное пособие по физике. М., изд-во «Книга по Требованию», 2012. 789 с.

б) дополнительная литература

4. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела: Пер. с англ. Т.1,2, 1979. 824 с.

5. Василевский А.С. Физика твердого тела. Уч. пособие. М. «Дрофа», 2010, 210 с.

6. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. Учебник. М.: Высшая школа, 1986, 304 с.

7. Суздаев, И. П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М. : Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2014, 592 с.

<http://www.ozon.ru/context/detail/id/27809273/>

8. Поплавной А.С. Многомерная кристаллография и ее применение в физике. Кемерово. ООО ИНТ. – 2011. – 242с.

9. Fluorescence Lifetime Spectroscopy and Imaging: Principles and Applications. Редакторы: Laura Marcu, Paul M. W. French, Daniel S. Elson. CRC Press, 2014, 570 p.

10. Баранов А.В., Виноградова Г.Н., Воронин Ю.М., Ермолаева Г.М., Парфенов П.С., Шилов В.Б. Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 186 с.

<http://window.edu.ru/resource/305/64305>

11. В.Л. Миронов. Основы сканирующей зондовой микроскопии. И-т физики микроструктур РАН. Н. Новгород, 2004, 114 с.

<https://sites.google.com/site/viktormironovipm/SPM-textbook>

12. А. А. Шалаев Основы физического материаловедения. Часть 1. Серия - Методы экспериментальной физики конденсированного состояния. Изд-во ИГУ, 2013 г. 126 с. .

13. А. А. Шалаев Основы физического материаловедения. Часть 2. Серия - Методы экспериментальной физики конденсированного состояния. Изд-во ИГУ, 2014 г. 190 с. .

Сверено с ГИБ ИГУ

в) *программное обеспечение:*

- стандартные сервисы глобальной сети Интернет (Mozilla Firefox);
- стандартные средства для показа презентаций (OpenOffice и/или LibreOffice);
- стандартные средства для чтения публикаций (Foxit PDF Reader или Adobe Reader DC).

Все указанные выше программные продукты являются проприетарными и могут быть скачаны и установлены на любой компьютер с официального сайта бесплатно и без заключения отдельного лицензионного договора.

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНТИ (<http://www.viniti.ru>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>.)
- ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине Б1.В.ОД.6 "Физика плазмы".

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Методическим оформлением курса является использование современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео, документальные фильмы), дистанционных. Внедрение глобальной компьютерной сети в образовательный процесс позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в физике плазмы.

10. Образовательные технологии:

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и

практических занятиях в виде самостоятельных работ

11. Оценочные средства (ОС)

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Для изучения данного курса студент должен знать основы физики и информатики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет. Входной контроль знаний не проводится.

11.2. Оценочные средства текущего контроля

Пример практического задания

ЗАДАНИЕ 1 *Характеристики плазмы*

УСТНО:

1. Понятие квазинейтральности плазмы, пространственный масштаб разделения зарядов, радиус Дебая, временной масштаб разделения зарядов.
2. Дебаевское экранирование заряда в плазме.
3. Плазменная частота, плазменные колебания.

ПИСЬМЕННО:

1. Полностью ионизованная плазма получена из водорода, находящегося первоначально при комнатной температуре и давлении 1 торр. Найти напряженность электрического поля E [В/см] и потенциал φ [В], возникающих при масштабе разделения зарядов $x \sim 0,1$ см
2. Получить расчетную формулу для вычисления радиуса Дебая r_D . Найти r_D для типичных значений плотности и температуры плазмы газового разряда, термоядерной и космической плазмы.
3. Получить расчетную формулу для вычисления плазменной частоты ω_p . Найти ω_p для типичных значений плотности и температуры плазмы газового разряда, термоядерной и космической плазмы.

Примерный список устных вопросов:

1. Электронная структура атомов.
2. Химическая связь и ближний порядок.
3. Основные свойства ковалентной связи
4. Кристаллические и аморфные твердые тела.
5. Элементы симметрии кристаллов:
6. Элементы теории групп, группы симметрии.
7. Точечные дефекты, их образование и диффузия.
8. Линейные дефекты.
9. Распространение волн в кристаллах.
10. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы.
11. Колебания кристаллической решетки.
12. Теплоемкость твердых тел.
13. Классическая теория теплоемкости.
14. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю.
15. Тепловое расширение твердых тел.
16. Теплопроводность решеточная и электронная.
17. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты.

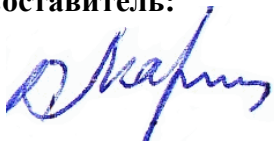
11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Примерный список вопросов к экзамену:

1. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван дер Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
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 CaTiO_3 .
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.
4. 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.
5. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.
6. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.
7. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
8. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.
9. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
10. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.
11. 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.
12. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
13. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
14. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
15. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
16. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
17. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоэдс, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.
18. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
19. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
20. Приближение сильно связанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
21. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

22. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
23. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
24. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
25. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
26. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
27. Спиновые волны, магноны.
28. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
29. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.
30. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
31. Эффекты Фарадея, Фохта и Керра.
32. Проникновение высокочастотного поля в проводник Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.
33. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейсснера. Критическое поле и критический ток.
34. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
35. Эффект Джозефсона.
36. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

Составитель:



Разработчики:

д.ф.-м.н. профессор
(занимаемая должность)

Е.Ф.Мартынович
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры электроники твердого тела

«16» июня 2016г.

Протокол № 1



Зав. кафедрой Гаврилюк А.А.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

**Лист согласования, дополнений и изменений
на 2017/2018 учебный год**

К рабочей программе дисциплины **Б1.В.ОД.6. «Физика конденсированного состояния»** по направлению подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры) 03.06.01 «Физика и астрономия» (направленность Физика конденсированного состояния).

1. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:

Нет дополнений.

2. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:

Нет изменений.

Изменения одобрены Ученым советом физического факультета, протокол № 11 от 20 июня 2017 г.)

Зав. кафедрой:
общей и
экспериментальной
физики



Лист согласования, дополнений и изменений на 2018/2019 учебный год

К рабочей программе дисциплины Б1.В.ОД.6 Физика конденсированного состояния конденсированного вещества по направленности программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры) Физика

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:

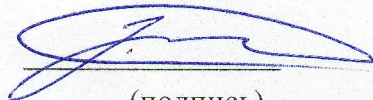
Нет дополнений

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:

Нет изменений

Изменения одобрены Ученым советом физического факультета протокол № 1 от 30.08.2018 г.

Декан
физического факультета



(подпись)

Н.М. Буднев

(И.О.Ф.)