

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной работе
А.В. Лейфа

05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Физика металлов

Направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Направленность (профиль) образовательной программы Физика конденсированного состояния

Год набора 2021

Год обучения 2

Форма обучения очная

Зачет 2 год обучения

Лекции 8 (акад. час.)

Практические занятия 8 (акад. час.)

Иная контактная работа 10 (акад. час.)

Самостоятельная работа 82 (акад. час.)

Общая трудоемкость дисциплины 108 (акад. час.), 3 (з.е.)

Составитель: Е.В. Стукова, профессор, док. физ.-мат. наук

Факультет инженерно-физический


Кафедра физики

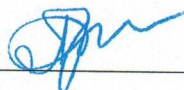
2021 г.

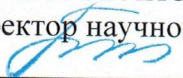
Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики
« 14 » 05 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой  Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО
Заведующий отделом докторантуры
и аспирантуры
 Е.С. Сизова
« 14 » 05 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой, реализующей
образовательную программу
 Е.В. Стукова
« 14 » 05 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Директор научной библиотеки
 О.В. Петрович
« 11 » 05 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Физика металлов» являются: изучение взаимосвязи между энергетическим спектром электронов и фононов, а также кристаллической структурой металлов с их физическими и механическими свойствами.

Задачи дисциплины заключаются в:

- формирование теоретических знаний в области физики металлов и сплавов.
- освоение методов исследования свойств металлов и сплавов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Физика металлов» входит в цикл дисциплин по выбору вариативной части Блока 1.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) общую физику
- 2) высшую математику и начала анализа
- 3) физику твердого тела

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения данной дисциплины аспирант формирует и демонстрирует следующие компетенции:

- умением структурировать и интегрировать знания из различных областей профессиональной деятельности и способностью их творческого использования и развития в ходе решения профессиональных задач (ПК-3);
- способностью самостоятельно разрабатывать актуальную проблему, имеющую теоретическую и практическую значимость (ПК-4).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) Знать: структуру и свойства металлов и сплавов, взаимосвязь между ними и природу процессов, протекающих в металлах и сплавах а так же связь с электрическими магнитными и оптическими свойствами. атомной структуры и эволюции при изменении температуры, давления, магнитного поля и др.
- 2) Уметь: термодинамически описывать реальные металлы и сплавы на основе дискретных и континуальных решеточных моделей. Экспериментально определять кристаллическую структуру с помощью дифракции рентгеновских лучей и других методов анализа материалов. Ориентироваться в экспериментах по изучению структуры и свойств металлов и сплавов и извлекать физическую информацию путем анализа экспериментальных данных, интерпретировать экспериментальные данные на основе физических свойств в исследуемых объектах, применять компьютерную технику для моделирования физических свойств объектов, выявлять физические свойства объектов, перспективных для практического применения.
- 3) Владеть фундаментальными разделами физики металлов и сплавов, необходимыми для решения научно-исследовательских задач самостоятельно изучать и понимать специальную (отраслевую) научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики металлов и сплавов.

4. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.

Разделы	Компетенции	
	ПК-3	ПК-4
Зонная теория металлов	+	+
Проводимость металлов	+	+
Эффекты возникающие в металлах под внешним воздействием	+	+

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов.

№ п/п	Название раздела/ темы	Год обучения	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в акад. часах)				Формы текущего контроля успеваемости
			Лекции	Практич.	СР	ИКР	
1	Зонная теория металлов	2	2	2	28	4	Контроль посещений лекций. Контроль подготовки конспектов тем на самостоятельное изучение.
2	Проводимость металлов	2	4	4	26	2	Контроль посещений лекций. Контроль подготовки конспектов тем на самостоятельное изучение.
3	Эффекты, возникающие в металлах под внешним воздействием	2	2	2	28	4	Контроль посещений лекций. Контроль подготовки конспектов тем на самостоятельное изучение.
Итого			8	8	82	10	Зачет

6. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекции.

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	<i>Раздел 1 Зонная теория металлов</i>	Электрон в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Приближения сильной и слабой связи. Квазиимпульс. Уравнение движения в электрическом поле. Модель свободных электронов. Распределение Ферми. Фермиевская скорость. Плотность состояний. Теплоемкость газа свободных электронов. Парамагнетизм Паули. Экранирование заряда.

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
2	Раздел 2 Проводимость металлов	Проводимость металлов. Кинетическое уравнение. тау-приближение. Рассеяние электронов на примесях и фононах. Оценки вероятности рассеяния и величины проводимости. Связь проводимости и теплопроводности. Закон Видемана - Франца, область его применимости. Размерные эффекты в проводимости. Зависимость сопротивления от размеров образца и граничных условий. Сопротивление микроконтактов. Гальваномагнитные эффекты. Вид тензоров сопротивления и проводимости в магнитном поле. Эффект Холла. Открытые и закрытые траектории.
3	Раздел 3 Эффекты, возникающие в металлах под внешним воздействием	Экспериментальные методы исследования поверхности Ферми. Эффекты де Гааза - ван Альфена и Шубникова - де Гааза, квазиклассическое рассмотрение. Циклотронный резонанс. Радиочастотный размерный эффект. Затухание ультразвука в магнитном поле. Ферми-поверхности щелочных и благородных металлов, олова, индия. Высокочастотные свойства металлов. Нормальный и аномальный скин-эффект. Концепция эффективной длины свободного пробега. Геликоны. Магнито-плазменные волны Термоэлектрические явления. Принцип Онзагера симметрии кинетических коэффициентов. Термоэлектродвижущая сила и эффект Пельтье. Связь коэффициентов Пельтье и термоэлектродвижущей силы.

6.2. Темы практических занятий

1. Зонная теория металлов (Зонная теория металлов. Электрон-электронные столкновения. Переходы Мотта и Пайерлса. Дырки. Построение Харрисона поверхностей Ферми.)
2. Проводимость металлов (Магнитосопротивление чистых металлов в слабом и сильном поле. Компенсированные металлы. Интерференционные эффекты в проводимости. Слабая локализация. Андерсоновская локализация. Мезоскопические эффекты. Осцилляции сопротивления неодносвязных образцов магнитном поле).
3. Эффекты, возникающие в металлах под внешним воздействием (Фаза и структура металлических сплавов. Сплавы на основе железа. Цветные металлы и сплавы. Термическая обработка металлов. Сплавы со специальными свойствами. Композиционные металлические материалы).

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Название раздела/ темы	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в академических часах
1	Зонная теория металлов	Подготовка конспектов тем на самостоятельное изучение.	28
2	Проводимость металлов	Подготовка конспектов тем на самостоятельное изучение.	26
3	Эффекты возникающие в металлах под внешним воздействием	Подготовка конспектов тем на самостоятельное изучение.	28
Итого			82

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Физика металлов [Электронный ресурс]: сб. учеб.-метод. материалов для направления подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» / АмГУ, ИФФ; сост. Е.В. Стукова
http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9937.pdf

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Физика металлов» используются как традиционные (лекция, лекция - беседа, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения.

Распределение образовательных технологий соответствует проведению занятий в интерактивной форме в объеме 4 акад. час.

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Физика металлов».

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Электрон в периодическом потенциале.
2. Теорема Блоха.
3. Приближения сильной и слабой связи. Квазиимпульс.
4. Уравнение движения в электрическом поле. Модель свободных электронов.
5. Распределение Ферми. Фермиевская скорость.
6. Плотность состояний. Теплоемкость газа свободных электронов.
7. Парамагнетизм Паули.
8. Экранирование заряда.
9. Электрон-электронные столкновения.
10. Переходы Мотта и Пайерлса. Дырки.
11. Построение Харрисона поверхностей Ферми.
12. Проводимость металлов. Кинетическое уравнение. тау-приближение.
13. Рассеяние электронов на примесях и фононах.
14. Оценки вероятности рассеяния и величины проводимости.
15. Связь проводимости и теплопроводности. Закон Видемана -Франца, область его применимости.
16. Размерные эффекты в проводимости.
17. Зависимость сопротивления от размеров образца и граничных условий. Сопротивление микроконтактов.

18. Квантовый эффект Холла. Основные понятия и экспериментальные факты.
19. Гальваномагнитные эффекты. Вид тензоров сопротивления и проводимости в магнитном поле.
20. Эффект Холла. Открытые и закрытые траектории.
21. Магнитосопротивление чистых металлов в слабом и сильном поле.
22. Компенсированные металлы.
23. Интерференционные эффекты в проводимости. Слабая локализация.
24. Андерсоновская локализация. Мезоскопические эффекты.
25. Осцилляции сопротивления неодносвязных образцов магнитном поле.
26. Экспериментальные методы исследования поверхности Ферми.
27. Эффекты де Гааза - ван Альфена и Шубникова - де Гааза, квазиклассическое рассмотрение.
28. Циклотронный резонанс. Радиочастотный размерный эффект.
29. Затухание ультразвука в магнитном поле.
30. Ферми-поверхности щелочных и благородных металлов, олова, индия.
31. Высокочастотные свойства металлов.
32. Нормальный и аномальный скин-эффект.
33. Концепция эффективной длины свободного пробега.
34. Геликоны.
35. Магнито-плазменные волны
36. Термоэлектрические явления.
37. Принцип Онзагера симметрии кинетических коэффициентов.
38. Термоэлектродвижущая сила и эффект Пельтье. Связь коэффициентов Пельтье и термоэлектродвижущей силы.
39. Фаза и структура металлических сплавов. Сплавы на основе железа.
40. Цветные металлы и сплавы.
41. Термическая обработка металлов.
42. Сплавы со специальными свойствами.
43. Композиционные металлические материалы.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. **Дрещинский, В. А.** Методология научных исследований : учебник для вузов / В. А. Дрещинский. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 274 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07187-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472413> (дата обращения: 09.06.2021).
2. **Литвинов, В. С.** Физика металлов. Рекристаллизация металлов и сплавов : учебное пособие для вузов / В. С. Литвинов, С. В. Гриб ; под научной редакцией А. А. Попова. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 85 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05299-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473509> (дата обращения: 09.06.2021).

б) дополнительная литература:

Сорокин, В. С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2003-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168852> (дата обращения: 08.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурс

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	Dream Spark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
2	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html На условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html

в) интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://e.lanbook.com	Электронная библиотечная система «Издательства «Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки.
2	Электронная библиотечная система «Юрайт» https://urait.ru/	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.

г) профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

№	Адрес	Название, краткая характеристика
1.	http://window.edu.ru	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
2.	https://scholar.google.ru/	Google Scholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
3.	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
4.	http://grotrian.nsu.ru/ru/	Электронная структура атомов Российская информационно-справочная система по спектральным данным атомов и ионов с одной из самых полных баз спектральных данных среди мировых систем.
5.	http://www.mavicanet.ru/	MavicaNET - Многоязычный Поисковый Каталог. Теоретическая физика. Институты, лаборатории и др. организации, занимающиеся исследованиями в области теоретической физики. Может содержать все существующие подкатегории раздела физика, если источник связан с теоретическими исследованиями.
6.	http://dxdy.ru/fizika-f2.html	Научный форум. Физика, Математика, Химия, Механика и Техника. Обсуждение теоретических вопросов, входящих в стандартные учебные курсы. Дискуссионные темы физики: попытки опровержения классических теорий и т.п. Обсуждение нетривиальных и нестандартных учебных задач. Полезные ресурсы сети, содержащие материалы по физике

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендации при подготовке и изучению лекционного материала.

В процессе изучения лекционного материала рекомендуется использовать опорные конспекты, учебники и учебные пособия.

Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал – это необходимое условие для его понимания. В процессе лекционного занятия необходимо выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Если при изложении материала преподавателем создана проблемная ситуация, пытаться предугадать дальнейший ход рассуждений. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов.

Из сказанного следует, что для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать. Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Не надо стремиться подробно слово в слово записывать всю лекцию. Конспектируйте только самое важное в рассматриваемом параграфе. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал. По возможности записи ведите своими словами, своими формулировками. Лекция не должна превращаться в урок-диктант.

Тетрадь для конспекта лекций также требует особого внимания. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, зачетам, экзаменам. Целесообразно отделить поля, где можно бы изложить свои мысли, вопросы, появившиеся в ходе лекции. Полезно одну из страниц оставлять свободной. Она потребуется потом, при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников.

Таким образом, на лекции аспирант должен совместить два момента: внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись. После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. Перед каждой последующей лекцией рекомендуется просмотреть материал по предыдущей лекции.

Рекомендации при подготовке к зачету.

При обучении в аспирантуре необходимо поддерживать навыки самостоятельной работы для непрерывного самосовершенствования, развития профессиональных и интеллектуальных способностей.

Самостоятельная работа аспирантов – это процесс активного, целенаправленного приобретения аспирантом новых для него знаний и умений без непосредственного участия преподавателей. Самостоятельная работа сопровождается эффективным контролем и оценкой ее результатов.

Для успешной самостоятельной работы аспирант должен планировать свое время и за основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины.

Зачет – форма итоговой проверки и оценки полноты и прочности знаний аспирантов, а также сформированности умений и навыков; проводится в виде собеседования по важнейшим вопросам каждого раздела изученного курса или по курсу в целом в индивидуальном порядке. Может проводиться с применением тестирования.

В процессе подготовки к зачету при изучении того или иного закона, кроме формулировки и математической записи закона, следует обратить внимание на опыты, которые обнаруживают этот закон и подтверждают его справедливость, границы и условия его применимости. Также полезно отметить, как этот закон используется на практике. То же самое можно сказать и об изучаемой теории в целом. Помимо основных понятий, положений, законов и принципов теории следует обратить внимание на опыты,

благодаря которым была создана эта теория, эксперименты, подтверждающие ее справедливость. Вспомните, как используется данная теория на практике.

Основная цель подготовки к зачету – достичь понимания законов и явлений, а не только механически заучить материал. Но все же довольно много вещей придется просто выучить.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.