

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Направление подготовки: 03.03.02–Физика

Направленность: Физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Кострома

Рабочая программа дисциплины «Физика твердого тела» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.03.02–Физика, утвержден 07.08.2014 г.

Разработал:  Галанцева М.Л., к.ф.-м.н., доцент

Рецензент:  Белкин Павел Николаевич, профессор кафедры общей и
подпись

теоретической физики, д.т.н., профессор

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики
Протокол заседания кафедры № 15 от 29 июня 2017 г.
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

 Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и
подпись

теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики
Протокол заседания кафедры № 12 от 28 июня 2018 г.
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

 Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и
подпись

теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики
Протокол заседания кафедры № 10 от 20 мая 2019 г.
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

 Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и
подпись

теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики

Протокол заседания кафедры № 10 от 7 мая 2020 г.

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики



подпись

Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и

теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики

Протокол заседания кафедры № 5 от 14 января 2021 г.

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики



подпись

Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и

теоретической физики, к.т.н., доцент

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основной **целью** данного курса является подготовка бакалавров физики к научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой деятельности в научно-исследовательских институтах, лабораториях, конструкторских или проектных бюро, на предприятиях путем формирования соответствующих компетенций.

В результате изучения учебной дисциплины «Физика твёрдого тела» у обучаемых должны сформироваться профессиональные компетенции:

– способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6);

– способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

– готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3).

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с различными типами связи в твердых телах, элементами структурной кристаллографии, способами определения кристаллических структур; механическими и тепловыми свойствами кристаллов; с основными положениями зонной теории твердых тел, объяснить на её основе их электрические, оптические и магнитные свойства; описать устройство и принцип действия твердотельных лазеров, приборов на р-п переходах..

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать

– приемы использования информационно-коммуникационных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в частности интернет-ресурсы, отражающие состояние изученности проблем физики твердого тела.

– специализированные разделы физики для освоения профильных физических дисциплин, в частности классификацию твердых тел по типу химической связи и типу кристаллической системы; методы определения атомной структуры кристаллов и параметров их элементарных ячеек; типы дефектов;

– основные положения квантовой теории твердого тела; причины разделения твердых тел на проводники, диэлектрики и полупроводники;

– методы экспериментального определения и теоретического расчета основных параметров, характеризующих их электрические, оптические и магнитные свойства;

уметь

– решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры, в частности уметь самостоятельно разработать стратегию поиска необходимой научной информации, а также индивидуальный план освоения дополнительного о современных достижениях науки в фундаментальной и прикладной областях физики твердого тела и микроэлектроники

– использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин, в частности объяснять возникновение различных типов химических связей в твердых телах на основе анализа характера сил межатомного взаимодействия в кристаллах;

– применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, в частности определять основные элементы симметрии кристалла по формуле симметрии, объяснять с точки зрения зонной теории различие в свойствах металлов, полупроводников, диэлектриков;

владеть

– методами и приемами решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, в частности навыками работы в компьютерных сетях, средствами получения информации из различных источников

– методами использования специализированных знаний в области физики для освоения профильных физических дисциплин, в частности методами количественной оценки скорости звуковых колебаний в кристаллах, температуры Дебая,

– навыками использования на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований, в частности методами количественной оценки концентрации носителей заряда, их подвижности, энергии Ферми, ширины запрещенной зоны, энергии активации примесей в полупроводниках и других параметров материала

освоить компетенции:

– способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6);

– способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

– готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3).

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

«Физика твердого тела» изучается в седьмом семестре и входит в вариативную часть Блока 1 образовательной программы подготовки бакалавров физики. Она базируется на таких дисциплинах общего курса физики, как: «Механика» (механические свойства твердых тел), «Термодинамика» (тепловые свойства твердых тел), «Электричество и магнетизм» (электрические и магнитные свойства твердых тел), «Оптика» (оптические и фотоэлектрические свойства твердых тел, дифракция рентгеновских лучей на кристаллах, квантовые генераторы), «Атомная физика (рентгеновские спектры, методы рентгеноструктурного анализа). Полноценное освоение дисциплины требует знаний некоторых разделов высшей математики –математического анализа, линейной алгебры, теории дифференциальных уравнений. Физика твердого тела входит в блок дисциплин специализации и наряду с курсом физики составляет основу физического образования и профессиональной подготовки, а также способствует формированию современной физической картины мира. Освоение данной дисциплины необходимо обучающемуся для успешного освоения таких дисциплин, как: «Физика поверхности», «Введение в материаловедение. Механические свойства твердых тел», «Физическое материаловедение». Их изучение с разных точек зрения дополняет и обогащает информацию об окружающем мире. Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для прохождения практики, написания выпускной квалификационной работы. Формирование профессиональных компетенций ПК-1 и ПК-3 происходит также на других профильных дисциплинах, раскрывая единство и взаимосвязь профильных дисциплин, базирующихся на базовых курсах общей и теоретической физики.

4. Объем дисциплины (модуля)

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего
Общая трудоемкость в зачетных единицах	5
Общая трудоемкость в часах	180
Аудиторные занятия в часах	56
Лекции	28
Практические занятия	28
Лабораторные занятия	–
Самостоятельная работа в часах	88
Форма промежуточной аттестации	Экзамен 7 семестр

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	28
Практические занятия	28
Лабораторные занятия	–
Консультации	3,4
Зачет/зачеты	–
Экзамен/экзамены	0,35
Курсовые работы	–
Всего	–
	63,55

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1 Тематический план учебной дисциплины

№ пп	Название раздела, темы	Всего час	Лекции	Практ	Сам. работа
1	Силы связи	10	2	2	6
2	Внутренняя структура твердых тел	10	2	2	6
3	Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах	10	2	2	6
4	Элементы физической статистики	14	4	4	6
5	Тепловые свойства твердых тел Теория теплоёмкости	12	2	2	8
6	Зонная теория твердых тел	16	4	4	8
7	Электропроводность твердых тел	12	2	2	8
8	Фотоэлектрические и оптические	12	2	2	8

	явления				
9	Магнитные свойства твердых тел	12	2	2	8
10	Термоэлектрические и гальвано-магнитные явления	12	2	2	8
11	Контактные явления	12	2	2	8
12	Приборы на p-n переходах	12	2	2	8
	Экзамен	36			
	ВСЕГО:	180	28	28	88

5.2. Содержание:

ТЕМА 1. Силы связи. Силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь. Водородная связь. Сопоставление различных видов связи. Силы отталкивания. Разновесные постоянные решетки. Энергия связи. Сжимаемость и объемный модуль упругости.

ТЕМА 2. Внутренняя структура твердых тел. Кристаллическая решетка. Набор операций симметрии. Базис и кристаллическая структура. Примитивные ячейки. Основные типы кристаллических решеток: решетки Браве, решетки с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Классификация твердых тел по характеру сил связи. Явление полиморфизма. Дефекты кристаллической решетки.

ТЕМА 3. Дифракция в кристаллах. Закон Брэгга. Экспериментальные дифракционные методы рентгеноструктурного анализа (метод Лауэ, метод вращения кристалла, метод порошка).

ТЕМА 4. Элементы физической статистики. Описание состояния макроскопической системы. Невырожденные и вырожденные коллективы. Число состояний для микрочастиц. Функции распределения для невырожденного и вырожденного газа микрочастиц. Влияние температуры на распределение Ферми - Дирака. Условие снятия вырождения.

ТЕМА 5. Тепловые свойства твердых тел. Квантовый характер колебания решетки (фононы). Понятие о нормальных колебаниях решетки. Спектр нормальных колебаний решетки. Теплоемкость твердого тела. Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность диэлектриков и металлов.

ТЕМА 6. Зонная теория твердых тел. Энергетические уровни свободных атомов. Обобществление электронов в кристалле. Энергетический спектр электронов в кристалле (энергетические зоны). Зависимость энергии электрона от волнового вектора. Эффективная масса электрона. Заполнение зон электронами. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Собственные полупроводники. Понятие о дырках. Примесные полупроводники. Концентрация свободных носителей в полупроводниках. Положение уровня Ферми. Неравновесные носители.

ТЕМА 7. Электропроводность твердых тел. Равновесное состояние электронного газа в отсутствие электрического поля. Дрейф электронов под воздействием поля. Время релаксации и длина свободного пробега. Удельная электропроводность проводника. Электропроводность невырожденного и вырожденного газов. Закон Видемана - Франца - Лоренца. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Электропроводность чистых металлов. Электропроводность металлических сплавов. Собственная и примесная проводимости полупроводников. Эффект сильного поля (нарушение закона Ома). Эффект Ганна. Фотопроводимость полупроводников. Люминесценция. Сверхпроводимость.

ТЕМА 8. Магнитные свойства твердых тел. Магнитное поле в магнетиках (понятия намагниченности, магнитной восприимчивости и магнитной проницаемости). Диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные тела. Магнитные свойства атомов.

Природа диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма. Антиферромагнетизм. Ферромагнетизм. Магнитный резонанс. Понятие о квантовой электронике.

ТЕМА 19. Контактные явления. Работа выхода. Контакт двух металлов. Контакт металла с полупроводником. Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости. Принципы работы полупроводниковых приборов, основанных на р-п-переходе. Понятие о микроэлектронике.

ТЕМА 10. Термоэлектрические и гальваномагнитные явления. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Гальваномагнитные явления (эффекты Холла, Эттингсхаузена и Нернста). Практическое использование термоэлектрических и гальваномагнитных явлений.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

1. Дисциплина «**Физика твердого тела**» предназначена для формирования профессиональных качеств физика-исследователя. Рабочее место будущего физика – научные и заводские лаборатории, инженерно-физические, физико-медицинские и природоохранные учреждения. Он должен быть готов к научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой, экспертной, педагогической и просветительской деятельности. Поэтому наряду с фундаментальной теоретической подготовкой важно уже в студенческие годы в рамках читаемых спецкурсов создать условия для формирования и развития комплекса *исследовательских* умений и знакомства с *методами научного исследования*.

2. Изложение нового материала на лекциях проводится в рамках *комплексной* технологии, которая включает элементы таких монотехнологий как: *объяснительно-иллюстративная* с опорой на *деятельностный* подход и *проблемную* постановку вопросов, *информационно-компьютерная* технология. В лекционном курсе излагаются *основы современной зонной теории* твердых тел, изучение которой позволяет понять, почему все твёрдые тела делятся на металлы, полупроводники и диэлектрики, почему они по-разному ведут себя при изменении внешних параметров - температуры, напряжения, освещённости. Изучение данной дисциплины знакомит учащихся с физическими процессами в современной микроэлектронике, это позволяет *расширить их политехнический кругозор* и обобщить знания в научную мировоззренческую систему.

3. В рамках выбранной технологии разработана система обучения студентов *исследовательскому методу* через выполнение *учебно-исследовательских заданий* как на практических занятиях, так и при выполнении самостоятельной работы по индивидуальным творческим заданиям. При изучении темы: «Дифракция в кристаллах. Экспериментальные методы рентгеноструктурного анализа» проводится *экскурсия* в рентгеновскую научно-исследовательскую лабораторию университета. Она преследует цель – познакомить студентов с научными задачами, методикой и техникой рентгеноструктурного анализа, оборудованием и приборной базой лаборатории (аппарат для структурного анализа типа ДРОН-1), камеры для съёмки моно- и поликристаллов, средства индивидуальной защиты, дозиметры). По материалам экскурсии студентам рекомендуется выполнить *учебно-исследовательские задания* (лаб. работы 13 и 14), описанные в учебном пособии: Галанцева М.Л., Моисеев Б.М. Физический практикум (оптика): в 2-х ч. Часть 2. Волновая оптика.– Кострома: КГУ им. Н.А.Некрасова, 2002. – с. 41-49.

Второе пособие (Галанцева М.Л., Моисеев Б.М. Физический практикум. **Рентгеновские спектры. Основы рентгеноструктурного анализа.** – Кострома: Изд-во КГУ им. Н.А.Некрасова, 2003.- 46 стр) содержит **рекомендации** по:

1) изучению теоретического материала (особенности рентгеновских спектров), с. 5 – 13, 17 – 27.

2) выполнению практических расчетных *учебно-исследовательских* заданий на определение параметров элементарной ячейки по дифрактограммам материала, с 26 - 29;

3) подготовке к тематическому тестированию по вопросам: особенности тормозного и характеристического рентгеновских спектров. с. 6-10, 33.

Все задания сформулированы в терминах действий: описать, проанализировать, вычислить, сравнить, сделать вывод.

При таком деятельностном подходе реализуется *развивающая* функция обучения по данной дисциплине. Студенты при выполнении учебно-исследовательских заданий в рамках программы самостоятельной работы знакомятся с научными публикациями, учатся разрабатывать реферативные сообщения и выступать с докладами на семинарах, например, по таким темам:

- Рентгенодифрактометрический метод исследования структуры кристаллов.
- Фазовый анализ полиморфных материалов.
- Полупроводниковые приёмники ИК-, видимого и УФ -излучения.
- Принцип работы полупроводникового лазера.
- Получение искусственных алмазов. Лабораторное моделирование процессов внутри мантии Земли.
- Принцип работы полупроводниковых фотоэлементов и фотодиодов.
- Датчики Холла.
- Достижения науки в области нанотехнологий.

Обсуждение докладов можно проводить в День Науки на студенческой конференции или на практическом (семинарском) занятии.

4. Знакомство с научными методами исследования следует продолжить и дальше на лекциях и семинарах при обсуждении таких основополагающих тем курса, как : *Основы зонной теории. Электропроводность твердых тел. Оптические и фотоэлектрические процессы в твердых телах. Полупроводниковые лазеры.* Программой курса «**Физика твердого тела**» не предусмотрено выполнение лабораторных работ специального физического практикума. Поэтому для развития *интеллектуального потенциала*, навыков в отборе научной информации студентам наряду с решением расчетных задач предложен комплекс *экспериментально-расчётных исследовательских заданий* на основе функциональных зависимостей, взятых из научных статей и монографий.

Методические **рекомендации** по их использованию в учебном процессе описаны в статье: Галанцева М.Л., Моисеев Б.М. **Формирование творческого мышления и исследовательских навыков в процессе учебно-научно-исследовательской деятельности студентов** // Преподавание информационных и естественнонаучных дисциплин /Материалы межвузовской научно-методической конференции. – Кострома: КГУ им. Некрасова, 2007.- с.38-43.

Пример 1. Рассчитать методом структурных амплитуд спектр дифракционных отражений в кристаллах CdS и CdO. Сравнить расчётные и экспериментальные данные по предложенной рентгенограмме.

Пример 2. По графической зависимости электропроводности от температуры для некоторого полупроводникового материала определить: а) ширину запрещенной зоны – ΔE и б) энергию активации примесей – ΔE_p . Какой это материал?

5. Вышеописанные способы накопления и качественного углубления знаний в процессе учебно-исследовательской деятельности можно отнести к процессу **конструирования** (формирования) системы базовых знаний. В 7 семестре студенты 3 курса выполняют курсовую работу, которая по своей тематике, как правило, связана с будущей дипломной работой. На этом этапе исследования происходит **переконструирование** знаний. На этой стадии обучения происходит смена вида

деятельности с теоретической на экспериментально-практическую при использовании информационно-компьютерных технологий:

- выбор метода, формулирование цели и проектирование методики эксперимента, адекватной поставленной задаче;
- практическая реализация алгоритма исследования, т.е. наладка экспериментальной установки, отбор совокупности приёмов и операций по измерению физических величин;
- проведение запланированных измерений и расчётов, сбор экспериментального материала.

На следующем этапе исследования – при выполнении дипломной работы – происходит *реконструирование* знаний на новом, более высоком уровне:

- обработка и анализ экспериментальных результатов;
- сопоставление полученных результатов с результатами независимых исследований других авторов;
- построение модели явления на основе эмпирических обобщений;
- выдвижение научной гипотезы для объяснения наблюдаемых процессов;
- проведение контрольного эксперимента по проверке гипотезы;
- теоретическое объяснение наблюдаемых закономерностей;
- подведение итогов исследования и формулирование выводов.

Выбор технологии обучения студентов исследовательскому методу через постановку разноуровневых проблемных учебно-исследовательских и научно-исследовательских задач способствует развитию интеллектуальных способностей, научного мышления, интегративной системы профессионально значимых компетенций и навыков самообразования.

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ пп	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Кристаллическая структура твердых тел. Элементы симметрии	Вопросы теории ¹⁾ : [1, Гл. 1.] [2, § 1 - § 11] [3, с. 5-13] [4, № 6.193 - 6.199]	6	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Опрос
2	Дифракция рентгеновских лучей. Закон Вульфа -. Брэгга	Вопросы теории: [3, с. 17-27] Задачи [4, № 5.162 – 5.167] Подготовить доклад	6	Рекомендации указаны в издании [3 с. 5-13] .	Опрос
3.	Методы рентгеноструктурного анализа.	Вопросы теории: [3, с. 17-27] [2, с. 15. 28]	6	Рекомендации указаны в издании [3, с. 27-43] [3, с. 35-42]	Опрос Тест Доклад

4.	Тепловые колебания решетки. Теплоемкость кристаллов	Вопросы теории: [1, Гл. 5, 6] [2, §30 – 34]; [4, № 6.200 - 203; № 6.209 – 218].	6	Рекомендации указаны в издании [3, с. 33]	Контр. раб. № 1,
5.	Элементы физической статистики.	Вопросы теории: [2, § 23 - 28] Самост. работа № 1-53	8	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Доклад с презентацией
6.	Уровни Ферми в кристаллах.	Вопросы теории: [2, § 27];.	8	Изучить теорию по указанным учебникам	Опрос
7.	Энергетический спектр электронов	Вопросы теории: [1, Гл. 7] [2, § 25 – 27]; Самост. работа № 1-53	8	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения	Опрос Тест
8.	Проводники, полупроводники и диэлектрики.	Вопросы теории: [1, Гл. 7, 8. [2]§ 42 – 46; Самост. работа № 1-53	8	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения	Контр. раб № 2
9.	Проводимость электронного газа. Закон Видемана - Франца.	Вопросы теории: [1] Гл. 8. [2] § 47 – 51; Самост. работа № 1-53	8	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Опрос Собеседование по дом. самост-ой работе
10	Электропроводность металлов и полупроводников.	Вопросы теории: [1] Гл. 8. [2] § 53 – 57; Самост. работа № 1-53	8	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Опрос Тест
11	Оптические и фотоэлектрические свойства твердых тел.	Вопросы теории: [1] Гл. 12. [2] § 60 – 61; Самост. работа № 1-53	8	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Контр. раб № 3
12	Работа выхода. Контакт двух металлов или полупроводников Термоэлектрические и гальваноманнитные явления	Вопросы теории: [2] § 73 – 78. Вопросы теории: [2] § 79 – 83.	8	Изучить теорию по указанным учебникам, применить её для решения задач.	Опрос Собеседование по дом. самост. работе

*Примечание*¹⁾: Задания по изучению теоретических вопросов даны по изданиям [1 - 3]:

1. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела: Учеб. – М.: Высш. шк.; 2000.– 494 с.

2. Епифанов Г.И. Физика твердого тела: Учебное пособие, 4-е изд., стер.– СПб.: Изд. «Лань»; 2011.– 288 с.

3. Галанцева М.Л., Моисеев Б.М. Физический практикум. Рентгеновские спектры. Основы рентгеноструктурного анализа. – Кострома: Изд-во КГУ им. Н.А.Некрасова, 2003.– 46 с.

4. Иродов И. Е. Задачи по общей физике. – СПб. : Изд. Лань, 2001. – 426 с.

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Формой отчетности по данной дисциплине является экзамен. Необходимые условия допуска к экзамену:

- Наличие полного конспекта лекций.
- Собеседование по домашней самостоятельной работе.
- Выполнение трёх контрольных работ с положительным результатом

Ниже приведены примерные планы практических занятий. Заданий даны по вышеназванным в разделе 6.1 изданиям основного списка литературы [3, 4]

Семинар 1. Силы связи.

Обсуждаемые вопросы: Силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь. Водородная связь. Сопоставление различных видов связи. Силы отталкивания. Разновесные постоянные решетки. Энергия связи.

Семинар 2. Внутренняя структура твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Кристаллическая решетка. Набор операций симметрии. Базис и кристаллическая структура. Примитивные ячейки. Основные типы кристаллических решеток: решетки Браве, решетки с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Индексы Миллера.

Задачи для решения на занятии: [4, 6.193 – 6.196]

Задачи для самостоятельной работы: № (1 – 5) из раздела «Задачи по курсу ФТТ».

Семинар 3. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.

Обсуждаемые вопросы: Рентгеновские спектры. Закон Вульфа-Брэгга.

Задачи для решения на занятии: [4, 6.141 – 6.146].

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.147 – 6.151].

Тесты: [3, с. 35 - 43].

Семинар 4. Экспериментальные методы рентгеноструктурного анализа

Обсуждаемые вопросы: Метод Лауэ, метод вращения кристалла, метод Дебая-Шеррера.

Доклад на тему «Рентгенодифрактометрический метод исследования структуры кристаллов».

Практическое задание на определение периодов кристаллической решетки по дебаграмме. [3, с. 27 - 30]. Задачи для решения на занятии: [4, 6.162 – 6.165].

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.166 – 6.167].

Семинар 5. Контрольная работа № 1 « Структура твердого тела. Методы рентгеновской дифрактометрии», варианты (1-8) [3, с.33-34]

Семинар 6. Элементы физической статистики.

Обсуждаемые вопросы: Описание состояния макроскопической системы. Невырожденные и вырожденные коллективы. Число состояний для микрочастиц. Функции распределения для невырожденного и вырожденного газа микрочастиц. Влияние температуры на распределение Ферми - Дирака. Условие снятия вырождения.

Научное сообщение с *презентацией* на тему « Статистика Ферми-Дирака». Задачи для решения на занятии: № (10 – 13) из раздела «Задачи по курсу ФТТ»,

Задачи для самостоятельной работы: № (14 – 16) из раздела «Задачи по курсу ФТТ».

Семинар 7. Тепловые свойства твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Квантовый характер колебания решетки (фононы). Понятие о нормальных колебаниях решетки. Спектр нормальных колебаний решетки.

Теплоемкость твердого тела. Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность диэлектриков и металлов.

Задачи для решения на занятии: [4, № 6.200 – 6.203]

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.211 – 6.213].

Семинар 8. Зонная теория твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Энергетические уровни свободных атомов. Энергетический спектр электронов в кристалле (энергетические зоны). Эффективная масса электрона. Заполнение зон электронами. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Концентрация свободных носителей в полупроводниках. Положение уровня Ферми. Неравновесные носители.

Задачи для решения на занятии: [4, 6.220 – 6.222].

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.223 – 6.224].

Семинар 9, 10. Электропроводность твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Равновесное состояние электронного газа в отсутствие электрического поля. Дрейф электронов под воздействием поля. Время релаксации и длина свободного пробега. Удельная электропроводность проводника. Закон Видемана - Франца - Лоренца. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Электропроводность чистых металлов. Электропроводность металлических сплавов. Собственная и примесная проводимости полупроводников. Эффект Холла.

Задачи для решения на занятии: [4, 6.232, 6.235, 6.236].

Задачи для самостоятельной работы: [4, 6.233, 6.244, 6.237, 6.238].

Семинар 11. Контрольная работа № 2 «Основы зонной теории твердых тел», варианты 1-4.

Семинар 12. Оптические и фотоэлектрические свойства твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Виды взаимодействия света с твердым телом. Поглощение света кристаллами. Фотопроводимость полупроводников. Фотоэлектрические приёмники излучения, их характеристики. Спонтанное и индуцированное излучение. Полупроводниковые лазеры. Люминесценция.

Задачи для решения на занятии: № (52 – 53) из раздела «Задачи по курсу ФТТ»,

Задачи для самостоятельной работы: № (54 – 55) из раздела «Задачи по курсу ФТТ»,

Семинар 13. Контрольная работа № 3 «Электропроводность и теплоёмкость твердых тел», варианты 1- 4.

Семинар 14. Магнитные свойства твердых тел.

Обсуждаемые вопросы: Магнитное поле в магнетиках. Магнитные свойства атомов. Природа диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма. Антиферромагнетизм. Ферромагнетизм. Магнитный резонанс. Понятие о квантовой электронике.

Семинар 15, 16. Контактные явления.

Обсуждаемые вопросы Работа выхода. Контакт двух металлов. Контакт металла с полупроводником. Контакт двух полупроводников с различным типом проводимости. Принципы работы полупроводниковых приборов, основанных на p-n- переходе.

Семинар 17. Термоэлектрические и гальваномагнитные явления.

Обсуждаемые вопросы Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Гальваномагнитные явления (эффекты Холла, Эттингсхаузена и Нернста). Практическое использование термоэлектрических и гальваномагнитных явлений.

Семинар 18. Индивидуальные собеседования по домашней самостоятельной работе.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная:

1. Павлов П. В. Физика твердого тела : Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. - 3-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 494 с. (16 экз.)
2. Епифанов Г. И. Физика твердого тела : Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1977. - 288 с. (49 экз.)
3. Галанцева М. Л. Физический практикум: Рентгеновские спектры. Основы рентгеноструктурного анализа. - Кострома : КГУ, 2003. - 46 с. (35 экз.)
4. Иродов И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие. - 3-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2001. - 416 с. (20 экз.)

Дополнительная:

1. Маделунг О. Физика твердого тела : Локализ. состояния: Пер. с нем. и англ. - Москва : Наука, 1985. - 184 с. (6 экз.)
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела : [учеб. руководство] / пер. с 4-го американского изд. А. А. Гусева и А. В. Пахнева ; под общ. ред. А. А. Гусева. - М. : Наука, 1978. - 791 с. (10 экз.)
3. Физика твердого тела : Атомная структура твердых тел: Пер. с англ. / Под ред. Г.С. Жданова. - Москва : Наука, 1972. - 136 с. (5 экз.)
4. Физика твердого тела. Электронные свойства твердых тел / Пер. с англ.; Под ред. Г.С. Жданова. - Москва : Наука, 1972. - 167 с. (6 экз.)
5. Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко ; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 560 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 978-5-94836-327-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466> (11.11.2018).

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронные библиотечные системы:

1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Znaniium»

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория для лекций:

Корпус Е, № 209, количество посадочных мест – 30, мультимедийный комплекс, включающий экран, ноутбук и проектор.

Аудитория для практических занятий:

Корпус Е, № 212, количество посадочных мест – 24.

Аудитории для самостоятельной работы:

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.

Приложение к РПД

Практическая подготовка

Код, направление, направленность	Наименование дисциплины/практики	Число часов дисциплины/практики, реализуемые в форме практической подготовки			
		Всего	Семестр 3		
03.03.02, Физика, Физика	Физика твердого тела	Лек	Пр	Лаб	
		12	–	12	–

Код компетенции	Индикатор компетенции	Содержание задания на практическую подготовку по выбранному виду деятельности	Число часов практической подготовки			
			Всего	Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы
ПК-1	–	На основе статистики Бозе-Эйнштейна вычислить количество фононов, приходящихся на заданную частоту колебаний	6	–	6	–
ПК-3	–	На основе зонной теории вычислить изменение толщины слоя объемного заряда в полупроводнике при подаче прямого и обратного напряжения	6	–	6	–