



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.13 Введение в физику
конденсированного состояния

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 30
от « 31 » августа 2021 г.

Зам. председателя, к.ф.-м.н, доцент
В.В. Чумак

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 1
от « 30 » августа 2021 г.

Зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор
А.А. Гаврилюк

Иркутск 2021 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	5
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине...	6
4.3. Содержание учебного материала.....	7
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	8
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов...	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии).....	9
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	10
а) перечень литературы.....	10
б) периодические издания.....	10
в) список авторских методических разработок.....	10
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	10
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	10
6.1. Учебно-лабораторное оборудование.....	10
6.2. Программное обеспечение.....	10
6.3. Технические и электронные средства.....	11
VII. Образовательные технологии.....	11
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	11

I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 03.03.02 Физика и предназначена для обеспечения курса «Введение в физику конденсированного состояния», изучаемого студентами в течение пятого семестра.

Основная цель курса:

- дать студентам целостное, в рамках существующих естественнонаучных положений и современного развития физики конденсированного состояния представление о классификации конденсированного состояния вещества, его основных физических свойствах и областях применения веществ различного типа.

Для достижения данной цели были поставлены задачи:

- ознакомление студентов с основными типами веществ (диэлектрики, полупроводники, металлы) и их физическими характеристиками, присущими данному типу материала;
- ознакомление студентов с основными принципами формирования зонной структуры вещества и ее связь с физическими свойствами;
- освоение методов квантово-механического описания простейших квантовых систем.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина « Введение в физику конденсированного состояния» является дисциплиной профессионального цикла.

Методика преподавания направлена на системный подход к обучению и интеграцию дисциплин естественнонаучного цикла, т. к. при изучении курса используются разделы и темы следующих дисциплин: «Математический анализ», «Квантовая теория».

III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Курс «Теоретические основы физики конденсированного состояния», согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования при подготовке бакалавра по направлению 03.03.02 Физика, позволяет студенту приобрести следующие компетенции:

- Способен использовать специализированные знания в области физики и физики конденсированного состояния для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1	ПК-1.1 Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений.	Знает: - основные сведения о структуре кристаллов, основные постулаты и положения квантовой теории; - роль квантовой статистики в формировании зонной структуры твердого тела; - классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Умеет: - понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; -- - пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики. Владеет: - методами квантово-механического описания кристаллических твёрдых тел; - методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации.

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа, в том числе 56 часов контактной работы. Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. На практическую подготовку отводится 16 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий). Форма промежуточной аттестации: зачёт.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего кон- троля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятель- ная работа	
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Кон- сульта- ции		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Строение кристаллических твердых тел.	5	8		4	2	-	2	Опрос
2	Раздел 2. Колебания решётки.	5	25		13	6	-	6	Решение задач
4	Раздел 3. Электроны в идеальном кристалле.	5	25		13	6	-	6	Решение задач
6	Раздел 4. Магнитные свойства вещества.	5	8		4	2	-	2	Опрос
Зачёт		5	-						Тестирование
КСР		5	6						
Итого часов			72		34	16		16	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Разделы 1,2,3,4	Решение домашних задач	В течение семестра	16	Задачи и упражнения	Из списка основной и дополнительной литературы.
7	Подготовка к зачёту	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестра		Тест	Из списка основной и дополнительной литературы.
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				16		

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Строение кристаллических твердых тел.

1.1 Элементы точечной и трансляционной симметрии; базис, кристаллические классы, сингонии и решетки Бравэ. Простые и сложные решетки, стехиометрические соотношения. Координационные числа. Обозначения плоскостей и направлений, индексы Миллера. Обратная решетка.

2. Колебания решётки.

2.1 Упругие свойства кристаллов. Упругие волны. Частотный спектр. Тепловые колебания, фононы, тепловая энергия, термодинамические функции твердых тел.

2.2 Теплоемкости по Эйнштейну, Дебаю, закон Дюлонга-Пти.

3. Электроны в идеальном кристалле.

4.1 Модель свободных электронов. Уравнение Шредингера, волновые функции, уровни энергии и их заполнение, уровень Ферми при 0 К, функция распределения энергетических состояний по энергии, вероятность заполнения энергетических уровней (функция распределения Ферми-Дирака), функция распределения электронов по энергиям.

4.2 Теплоемкость вырожденного электронного газа. Понятие о зонной теории твердых тел. Зоны Бриллюэна. Сравнение зонной модели и модели свободных электронов. Распределение электронов по зонам. Проводники, полупроводники, диэлектрики. Представление эффективной массы электрона.

4. Магнитные свойства вещества.

4.1 Классификация веществ по магнитным свойствам. Обменное взаимодействие. Намагниченность и восприимчивость.

4.2 Ферромагнетики. Петля гистерезиса. Доменная структура.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Строение кристаллических твердых тел.	Решение задач по теме раздела.	2	1	Опрос, контрольное задание	ПК-1
2.	Колебания решётки.	Решение задач по теме раздела.	6	2	Опрос, контрольное задание	ПК-1
4.	Электроны в идеальном кристалле.	Решение задач по теме раздела.	6	2	Опрос, контрольное задание	ПК-1
6.	Магнитные свойства вещества.	Решение задач по теме раздела.	2	1	Опрос, контрольное задание	ПК-1

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Строение кристаллических твердых тел.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка основной и дополнительной литературы.	2
2.	Колебания решётки.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка основной и дополнительной литературы.	6
4.	Электроны в идеальном кристалле.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка основной и дополнительной литературы.	6
6.	Магнитные свойства вещества.	Внеаудиторная работа.	Изучение литературы. Решение задач	Из списка основной и дополнительной литературы.	2
10.	Текущие консультации				
11.	Подготовка к экзамену			вся литература	

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации.

Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на практических занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практических заданий.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельной работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведен опрос по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих практических занятий.

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

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

перечень литературы

а) основная литература

1. Щербаченко Л.А. Физика конденсированного состояния. Часть 1. Учебно–методическое пособие в 2-х частях. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 98с. (50 экз.)
2. Щербаченко Л.А. Физика конденсированного состояния. Часть 2. Учебно-методическое пособие в 2-х частях. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 95 с. (50 экз.)
3. Душутин Н.К., Моховиков А.Ю. Из истории физики конденсированного состояния. Учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. – 337 с. (8 экз.)
4. Байков Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: - ЭВК. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – (Учебник для высшей школы). – Режим доступа: ЭЧЗ «Библиотех». – Неогранич. доступ.

б) дополнительная литература

1. Аграфонов Ю.В. Физика конденсированного состояния вещества. Метод функций распределения [Электронный ресурс] : - Иркутский гос. ун-т, Науч. б-ка. – Электрон. текстовые дан. – Иркутск: Изд-во НБ ИГУ, 2005
2. Валишев М.Г., Повзнер А.А. Курс общей физики [Электронный ресурс]. – 2010. Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ.
3. Епифанов Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]. – 2011. Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань». – Неогранич. доступ.

в) список авторских методических разработок

г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы:

- Книгафонд - библиотека онлайн чтения. www.knigafund.ru
- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС «РУКОНТ» <http://rucont.ru>
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде, в том числе в авторском учебном пособии.

6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартными средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу

6.3. Технические и электронные средства:

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области физики магнитных явлений.

VII. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Интерактивные формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, самостоятельно подготовить дополнение к теме и вынести его на обсуждение, провести дискуссию, включить элементы собственных научных исследований и сделать краткую презентацию своих выступлений на научных конференциях. Все это формирует способности при-

менять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области исследований конденсированного состояния вещества.

На практических занятиях студенты используют авторские задачи. По материалам наблюдений они приобретают исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям, после получения базового образования и формируют компетенцию готовности выявить естественнонаучную сущность проблем, компетенцию готовности использовать методы теоретической и экспериментальной физики в профессиональной деятельности для изучения различных веществ.

Программа основана на использовании современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео), дистанционные, научно-исследовательской направленности и т. п.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

Проводится опрос на первом занятии.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Содержание учебного материала разделено на дидактические единицы (ДЕ) – предметные темы, подлежащие обязательному изучению и усвоению в процессе обучения. Учитывается промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

Примерные тестовые задания по физике конденсированного состояния приведены в фондах оценочных средств.

Примерные варианты задач для практических занятий:

1. С какой силой взаимодействуют между собой соседние ионы цезия и хлора в кристалле хлористого цезия ?
2. Сколько атомов содержится в каждой элементарной ячейке кристалла, если она является: а) простой; б) объемно центрированной; в) гранецентрированной кубической ячейкой?
3. Сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку в кристаллах с простой, объемноцентрированной и гранецентрированной кубической структурой?
4. Сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку в кристаллах с простой и плотноупакованной гексагональной структурой?
5. Показать, что для идеальной гексагональной структуры с плотной упаковкой $c/a = 1,633$.
6. Доказать, что направление $[hkl]$ в кубической решетке нормально к плоскости (hkl) .

7. Какие плоскости в структуре гранцентрированного куба и объемноцентрированного куба имеют наибольшую плотность упаковки атомов? В каких направлениях в этих плоскостях линейная плотность расположения атомов максимальна?
8. Вычислить минимальную длину волны Дебая в титане, если его характеристическая температура 5°C , а скорость распространения звука $6 \cdot 10^3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.
9. Какова максимальная энергия фононов в кристалле свинца, если характеристическая температура его 94 K ?
10. Какова удельная теплоемкость цинка при 100°C ?
11. Удельная теплоемкость алюминия при 20°C равна $840 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Выполняется ли при этой температуре для него закон Дюлонга и Пти?
12. Вычислить удельную теплоемкость алмаза при температуре 30 K .
13. Как образуются зоны разрешенных энергий электронов в кристаллах?
14. Каковы длины волн де Бройля для электрона, движущегося у верхнего или нижнего края свободной зоны?
15. В чем смысл адиабатического и одноэлектронного приближений при решении уравнения Шредингера для электрона в кристалле? Вид волновой функции и энергии в рамках этих приближений.
16. Что такое зона Бриллюэна? Сформулируйте правило построения зон Бриллюэна.
17. Сущность приближений почти свободных и почти связанных электронов. Какие основные выводы можно сделать из решения уравнения Шредингера этими методами. Какие еще методы решения вы знаете?
18. Чем отличаются зонные схемы для полупроводников, диэлектриков и металлов?
19. Перечислите различные типы локальных уровней энергии электронов в запрещенной зоне.
20. Что понимается под идеальной кристаллической решеткой? Как идеальная решетка воздействует на движение электрона по кристаллу?
21. Эффективная масса электрона в кристалле. Ее физический смысл.
22. Связь эффективной массы с кривизной изоэнергетической поверхности, скоростью и квазиимпульсом
23. Понятие полупроводника, металла, диэлектрика в зонной теории.
24. Что такое водородоподобная модель примесных состояний?
25. В кристалле кремния массой 120 г равномерно по объему распределены $25,7 \mu\text{кг}$ фосфора и $38,2 \mu\text{кг}$ галлия. Считая, что атомы примеси полностью ионизированы, вычислить удельное сопротивление кристалла.

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Опрос	Строение кристаллических твердых тел.	ПК-1
2.	Проверка решения домашней задачи	Колебания решётки.	ПК-1
4.	Проверка решения домашней задачи	Электроны в идеальном кристалле.	ПК-1
6.	Контрольная работа	Магнитные свойства вещества.	ПК-1

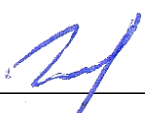
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Разработчик:

 к.ф.-м.н., доцент Зубрицкий С.М.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики «30» августа 2021 г.

Протокол № 1

Зав. кафедрой  д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.

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