

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. №6

Рабочая программа дисциплины

Практикум по физике конденсированного состояния

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

профиль "Теоретическая физика"

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Год начала обучения

2022

(для обучающихся какого года начала обучения разработана Рабочая программа)

Нижний Новгород

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Практикум по физике конденсированного состояния» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является обязательной для освоения, преподается на третьем году обучения, в шестом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Общая физика», «Общий физический практикум» и «Математика».

Целями освоения дисциплины «Практикум по физике конденсированного состояния» являются:

- формирование у студентов понимания основных физических явлений и специфики применения физических законов для их описания в веществе, находящемся в конденсированном состоянии;
- развитие навыков в экспериментальном определении и количественных оценках важнейших характеристик конденсированного состояния;
- формирование представлений о практической значимости разнообразных свойств конденсированного состояния вещества.

2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Практикум по физике конденсированного состояния» составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (1 час – мероприятия промежуточной аттестации; 32 часа занятия лабораторного типа, в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 111 часов составляет самостоятельная работа обучающегося в течение семестра.

Содержание дисциплины «Практикум по физике конденсированного состояния»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Структура кристаллов и методы ее определения.	23	—	—	5	5	18
2. Дефекты в твердых телах.	23	—	—	5	5	18
3. Механические свойства твердых тел.	23	—	—	5	5	18
4. Основы зонной теории твердых тел.	24	—	—	5	5	19
5. Электрические свойства твердых тел.	24	—	—	6	6	19
6. Магнитные свойства твердых тел.	24	—	—	6	6	19
В т.ч. текущий контроль	2	2				—
Промежуточная аттестация – зачет						

3. Образовательные технологии

Занятия по дисциплине проходят в лабораториях практикума по физике конденсированного состояния в форме практических занятий, на которых проводятся обсуждения рассматриваемых лабораторных работ, самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ и защиты отчета по лабораторной работе.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов предусматривает изучение рекомендованной литературы и подготовку к выполнению лабораторных работ, написание отчетов по выполненным лабораторным работам.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по
-------------------------	------------------------------------

	дисциплине
ПК-3: Способен проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Демонстрация способности проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Практикум по физике конденсированного состояния» является **зачет**.

По итогам зачета выставляется оценка «Зачтено» или «Не зачтено». Оценка «Не зачтено» означает отсутствие аттестации, оценка «Зачтено» выставляется при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде умений используются следующие процедуры и технологии:

- устный опрос (текущий контроль).

Контрольные вопросы для устного опроса представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде навыков используются следующие процедуры и технологии:

- проверка отчетов по выполненным лабораторным работам (промежуточная аттестация).

Критериями оценивания являются наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Зачтено» – успешное выполнение лабораторных работ, выданных преподавателем, и подготовка отчетов по ним;

«Не зачтено» – невыполнение лабораторных работ и / или неподготовка отчетов по ним.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. При проведении текущего контроля обучающимся предлагаются следующие вопросы, охватывающие программу дисциплины «Практикум по физике конденсированного состояния»:

1. Условия Вульфа-Брэгга и Лауэ для дифракции рентгеновского излучения в кристалле. Основные рентгеновские методы исследования структуры кристаллов.
2. Принципы геометрической теории дифракции рентгеновских лучей в кристалле. Построение Эвольда.
3. Межатомное взаимодействие в двухатомной молекуле и в кристалле. Электроотрицательность. Основные виды химической связи в кристаллах.
4. Подсчет энергии связи в молекулярных кристаллах.
5. Подсчет энергии связи в ионных кристаллах.
6. Принципы расчета энергии связи в ковалентных кристаллах методом ЛКАО (на примере молекулы водорода).
7. Основные типы дефектов в кристаллах. Расчет равновесных концентраций точечных дефектов по Шоттки.
8. Расчет равновесных концентраций точечных дефектов по Френкелю.
9. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Механизмы движения дислокаций. Источники дислокаций.
10. Упругость твердого тела. Обобщенный закон Гука для кристаллов.
11. Пластические свойства твердых тел. Основные механизмы пластической деформации. Системы скольжения.
12. Упругие волны в кристаллах. Продольные и поперечные моды колебаний в кристаллах кубической сингонии.
13. Колебания одномерной монокристаллической цепочки. Закон дисперсии.
14. Упругие колебания одномерной атомной цепочки с базисом. Акустические и оптические колебания.
15. Теплоемкость кристаллической решетки в модели Эйнштейна.
16. Теплоемкость кристаллической решетки по Дебаю. Спектральная плотность фононов.
17. Теплопроводность кристаллической решетки. Рассеяние фононов, N- и U-процессы.
18. Электронный упругий механизм поляризации диэлектриков. Действительная и мнимая составляющие поляризуемости, их зависимость от частоты переменного электрического поля.
19. Ионный упругий механизм поляризации диэлектриков. Спектральная зависимость поляризуемости для ионного механизма поляризации.
20. Дипольный упругий механизм поляризации диэлектриков.
21. Тепловые механизмы поляризации диэлектриков. Их зависимость от температуры и частоты электрического поля.
22. Уравнение Клаузиуса-Мосотти. Границы его применимости.
23. Спектральная зависимость полной поляризуемости и диэлектрической проницаемости диэлектрика. Соотношение Лиддейна-Сакса-Теллера.

24. Диэлектрические потери в переменном электрическом поле. Тангенс угла диэлектрических потерь. Эквивалентная схема диэлектрика.
25. Сегнетоэлектрики. «Поляризационная катастрофа». Применение теории фазовых переходов Гинзбурга-Ландау для описания спонтанной поляризации.
26. Описание электронного газа в металлах в рамках модели Друде: законы Ома и Видемана-Франца.
27. Эффект Холла в рамках модели Друде.
28. Ультрафиолетовая прозрачность и скин-эффект в металлах.

6.3.2. Список лабораторных работ:

1. Возникновение и рост кристаллов.
2. Определение ионных радиусов из рефрактометрических измерений.
3. Поляризационный микроскоп.
4. Изучение дислокаций в кристаллах со структурой алмаза.
5. Зависимость микротвердости кристаллов от плотности дислокаций.
6. Зависимость микротвердости кристаллов от ориентации.
7. Определение удельного сопротивления полупроводника четырехзондовым методом и определение знака носителей заряда.
8. Исследование температурной зависимости электропроводности и термоэлектродвижущей силы в полупроводниках.
9. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников оптическим методом.
10. Эффект Холла.
11. Исследование параметров высокотемпературных сверхпроводников.
12. Поляризация диэлектриков.
13. Пьезоэлектрические свойства твердых тел.
14. Определение температуры Кюри ферромагнитных сплавов.
15. Кривая намагничивания ферро- и ферримагнетиков.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. – Физика твердого тела. (М.: ВШ, 2000. Фонд ФБ ННГУ, 10 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=44686>;

Нижний Новгород: изд. ННГУ, 1993. Фонд ФБ ННГУ: 20 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=288601>)

2. Ч. Киттель. – Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.
Свободный доступ:
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/solidstate.htm>.

б) дополнительная литература:

1. Г.И. Епифанов. – Физика твердого тела, 4-е изд., стереотипное. – Издательство “Лань”, 2011.
Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2023/#1>.
2. Дж. Рейсленд. – Физика фононов. – М.: Мир, 1975.
Свободный доступ:
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/solidstate.htm>.
3. В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. – Физика твердого тела. – Издательство “Лань”, 2010.
Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/262/#1>.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ
<http://www.lib.unn.ru/>.
2. Журнал Успехи физических наук <http://ufn.ru/>.
3. Журнал Физика твердого тела <http://journals.ioffe.ru/ftt/>.
4. Журнал Физика и техника полупроводников <http://journals.ioffe.ru/ftp/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторный практикум проводится в специализированной аудитории, оснащенной измерительным оборудованием, источниками питания и макетами лабораторных устройств. ННГУ обеспечен всем необходимым программным обеспечением для проведения лабораторных практикумов.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор:

доцент кафедры электроники
твёрдого тела физического
факультета, к. ф.-м. н., доцент _____ / Карзанов В.В. /

Рецензент:

Зав. кафедрой электроники
твёрдого тела физического
факультета, д. ф.-м. н., профессор _____ / Демидов Е.С. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ от « » _____ 2021 года,
протокол № б/н.

Председатель
Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ _____ / Перов А.А. /