

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Практикум по физике конденсированного состояния

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника

---

Направленность образовательной программы

Радиофотоника и оптоэлектроника

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2021 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.14 Практикум по физике конденсированного состояния относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1: Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1.2: Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.3: Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	ОПК-1.1: Знать физические законы и математические методы для описания конденсированного состояния.  ОПК-1.2: Уметь применять физические законы и математические методы для решения задач по физике конденсированного состояния  ОПК-1.3: Владеть навыками использования знаний физики и математики для определения свойств конденсированного состояния	Опрос Допуск и отчет по лабораторным работам	Зачёт: Отчет по лабораторным работам Контрольные вопросы
ПК-5: Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	ПК-5.1: Знание методов анализа и систематизации результатов исследований, способов представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций ПК-5.2: Умение представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций ПК-5.3: Опыт анализа и систематизации результатов исследований, представления материалов в	ПК-5.1: Знать методы исследований параметров твердотельных материалов, методы анализа и систематизации результатов исследований, способы представления материалов в виде отчетов. ПК-5.2: Уметь обрабатывать результаты исследований параметров твердотельных материалов, объяснять сущность наблюдаемых физических явлений и процессов в	Опрос Допуск и отчет по лабораторным работам	Зачёт: Отчет по лабораторным работам

	<i>виде научных отчетов, публикаций, презентаций</i>	<i>твердотельных структурах; представлять материалы исследований в виде отчетов.</i> <i>ПК-5.3: Владеть опытом анализа и систематизации результатов исследований в области физики твердого тела, представления полученных результатов в виде отчетов.</i>		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
1.Изучение дислокаций в кристаллах со структурой алмаза	8		4	4	4
2. Определение удельного сопротивления полупроводника четырехзондовым методом и определение знака носителей заряда	8		4	4	4
3. Исследование температурной зависимости электропроводности и термоэлектродвижущей силы в полупроводниках	10		4	4	6
4. Исследование параметров высокотемпературных сверхпроводников	9		4	4	5
5. Поляризация диэлектриков	10		4	4	6

6. Пьезоэлектрические свойства твердых тел	8		4	4	4
7. Кривая намагничивания ферро- и ферримагнетиков	9		4	4	5
8. Определение температуры Кюри ферро-магнитных сплавов	9		4	4	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Описания к лабораторным работам:

1. Изучение дислокаций в кристаллах со структурой алмаза.
2. Определение удельного сопротивления полупроводника четырех-зондовым методом и определение знака носителей заряда.
3. Исследование температурной зависимости электропроводности и термоэлектродвижущей силы в полупроводниках.
4. Исследование параметров высокотемпературных сверхпроводников.
5. Поляризация диэлектриков.
6. Пьезоэлектрические свойства твердых тел.
7. Кривая намагничивания ферро- и ферримагнетиков.
8. Определение температуры Кюри ферро-магнитных сплавов.

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-1**

1. Как классифицируют дефекты в кристаллах?
2. Дайте определение дислокации.
3. Перечислить основные свойства дислокаций.
4. Механизмы движения дислокаций.
5. Влияние дислокаций на пластические свойства кристаллов.
6. Чем определяется минимальный размер магнитных доменов?
7. Может ли ферро-магнитная нано-частица быть многодоменной?
8. Как выглядит магнитная структура вещества с магнитными наночастицами?

##### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-5**

### Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Есть положительные ответы на вопросы.
не зачтено	нет положительных ответов на вопросы.

#### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Подготовить и защитить отчет по выполненной лабораторной работе.

#### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-5

Подготовить и защитить отчет по выполненной работе.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Лабораторная работа выполнена, отчет принят
не зачтено	Лабораторная работа не выполнена или отчет не принят

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

#### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

##### Оценочное средство - Отчет по лабораторным работам

###### *Зачёт*

##### Критерии оценивания (Отчет по лабораторным работам - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все лабораторные работы выполнены, отчеты по ним приняты.
не зачтено	Не все лабораторные работы выполнены или не по всем работам приняты отчеты.

**Типовые задания (Отчет по лабораторным работам - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ОПК-1** (Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности)

Успешная защита отчетов по всем лабораторным работам.

Успешные ответы на контрольные вопросы из методических описаний к лабораторным работам.

**Типовые задания (Отчет по лабораторным работам - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-5** (Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций)

Все лабораторные работы выполнены, отчеты приняты.

##### Оценочное средство - Контрольные вопросы

###### *Зачёт*

##### Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Положительные ответы на контрольные вопросы
не зачтено	Нет положительных ответов на контрольные вопросы

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ОПК-1** (Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности)

Контрольные вопросы по теме "Дислокации в структуре алмаза":

1. Дайте определение дислокации в кристалле. Какие дислокации бывают?
2. Перечислить основные свойства дислокаций.

3. Механизмы размножения дислокаций.
4. Как дислокации влияют на пластические свойства кристаллов?
5. Дайте определение микротвердости.
6. В чем заключается туннелирование Живера на контакте "нормальный металл - сверхпроводник"?
7. В чем заключаются эффекты Джозефсона?
8. Поясните принцип работы СВИДа.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-5 (Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций)**

1. Поясните методику выполнения лабораторной работы.
2. Почему для измерения удельного сопротивления полупроводника требуется 4 контакта?
3. Как по температурной зависимости проводимости полупроводника определить ширину запрещенной зоны в полупроводнике?
4. Как по знаку термо-эдс определить тип проводимости?
5. Изобразите и прокомментируйте спектральную зависимость полной поляризуемости диэлектрика.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Павлов Павел Васильевич. Физика твердого тела : [учеб. пособие для вузов по специальности "Физика"]. – М.: Высшая школа, 1985. - 384 с. : ил. - 1.10., 34 экз.
2. Павлов Павел Васильевич. Физика твердого тела : учеб. для вузов, обучающихся по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы". - Н. Новгород : Изд-во ННГУ , 1993. - 491 с. - ISBN 5-230-03839-x : 5000.00., 384 экз.
3. Павлов Павел Васильевич. Физика твердого тела : учебник. - 3-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2000. - 494 с. - 78.54., 33 экз.

Дополнительная литература:

1. Гуртов Валерий Алексеевич. Физика твердого тела для инженеров : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 210100 "Электроника и нанoeлектроника", 223200 "Техн. физика". - Изд. 2-е, испр. и доп. - М. : Техносфера, 2012. - 560 с. - (Мир физики и техники ; 2 - 27). - ISBN 978-5-94836-327-1 : 400.00., 1 экз.
2. Гуртов Валерий Алексеевич. Физика твердого тела для инженеров : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 210101 "Физ. электроника" / науч. ред. Л. А. Алешина. - М. : Техносфера, 2007. - 520 с. - (Мир физики и техники ; 2 - 08). - ISBN 978-5-94386-141-3 : 130.00., 1 экз.

ЭКЗ.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Учебные лаборатории оснащены компьютерами с установленными программными пакетами и с доступом в сеть Интернет

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Контрольно-измерительные комплексы NI PXI.

Микротвердомер ПМТ-3

Оптический микроскоп

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 11.03.04 - Электроника и наноэлектроника.

Автор(ы): Карзанов Вадим Вячеславович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Павлов Дмитрий Алексеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.