

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Специальный физический практикум

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Общая и прикладная физика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.05 Специальный физический практикум 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
УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1: Демонстрация способности управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1: Знать способы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла, уметь осуществлять управление проектом, иметь навыки управления проектом на всех этапах его жизненного цикла	Практическое задание	Зачёт: Отчет по лабораторным работам
УК-3: Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1: Демонстрация способности организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1: Знать методы организации работы команды, уметь руководить командой, иметь навыки выработки командной стратегии для достижения поставленной цели	Практическое задание	Зачёт: Отчет по лабораторным работам
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;	ОПК-1.1: Демонстрация способности применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности	ОПК-1.1: Знать: наиболее перспективные и быстро развивающиеся направления разделов физики, затрагиваемых настоящим курсом; основные нерешенные научные проблемы; недавние и планируемые новаторские эксперименты. Уметь: разбираться и извлекать требуемую информацию из научных статей, публикуемых в ведущих научных журналах по затрагиваемым разделам физики и относящихся не к учебной, а к профессиональной	Практическое задание	Зачёт: Отчет по лабораторным работам

		<p>(в том числе, узкопрофессиональной) литературе.</p> <p>Владеть: навыками получения релевантной информации о состоянии конкретной научной проблемы, включая поиск научных публикаций по теме и беглый анализ их значимости.</p>		
ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики;	ОПК-2.1: Демонстрация способности в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики	ОПК-2.1: Знать тематику и методы научно-исследовательской работы Уметь формулировать проблемы и ставить задачи. Уметь выбирать методы исследования, модифицировать их в соответствии с особенностями задачи, а также разрабатывать новые методические подходы. Владеть методами планирования и проведения эксперимента. Владеть навыками разработки новых методов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.	Практическое задание	Зачёт: Отчет по лабораторным работам
ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки;	ОПК-3.1: Демонстрация способности применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки	ОПК-3.1: Знать теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности, методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач, методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования. Уметь планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять	Практическое задание	Зачёт: Отчет по лабораторным работам

		<p>лабораторные, вычислительные физические исследования при решении научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств. Владеть навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий анализировать, обобщать и систематизировать результаты; навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях.</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<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 разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия	Занятия	Всего	

		лекционного типа	семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы		
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
Измерение параметров плазмы по резонансным конусам электромагнитных источников	8		4	4	4
Измерение параметров плазмы с помощью открытого квазиоптического резонатора	8		4	4	4
СВЧ-зонд для локальных измерений плотности плазмы	8		4	4	4
Фотолюминесценция полупроводниковых сверхрешеток	8		4	4	4
Излучательные характеристики р-п перехода	8		4	4	4
Комбинационное рассеяние света в твердых телах	8		4	4	4
Циклотронный резонанс в полупроводниках	9		4	4	5
Методика измерения основных параметров многослойных рентгеновских зеркал	7		2	2	5
Измерение температуры сверхпроводящего перехода и токонесущей способности пленки YBaCuO	7		2	2	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

### Содержание разделов и тем дисциплины

Измерение параметров плазмы по резонансным конусам электромагнитных источников  
Измерение параметров плазмы с помощью открытого квазиоптического резонатора  
СВЧ-зонд для локальных измерений плотности плазмы  
Фотолюминесценция полупроводниковых сверхрешеток  
Излучательные характеристики р-п перехода  
Комбинационное рассеяние света в твердых телах  
Циклотронный резонанс в полупроводниках  
Методика измерения основных параметров многослойных рентгеновских зеркал  
Измерение температуры сверхпроводящего перехода и токонесущей способности пленки YBaCuO

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 71 ч.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

- 1) В.Л. Гинзбург, А.А. Рухадзе. Волны в магнитоактивной плазме, М., Наука, 1970 -207 с. - 16 экз.
- 2) Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. М., Наука, 1987, 1992, 2009. -592 с. -5 экз.
- 3) С. Браун. Элементарные процессы в плазме газового разряда. М., Госатомиздат, 1961. - 323 с. -5экз.
- 4) ГОСТ 7.32-2001 «Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=130946> (сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии)
- 5) 1. Дж. Займан, Электроны и фононы, М.: ИЛ, 1962, 488 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 3 экз.
- 6) <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=80063>.
- 7) 2. А.И. Ансельм, Введение в теорию полупроводников, М.: Наука, 1978, 616 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 4 экз.
- 8) <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=397901>.
- 9) 3. К. Зеерер «Физика полупроводников». М.: Мир. 1977. -615с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=85771&DB=1>
- 10) 4. Тинкхам М. Введение в сверхпроводимость. М.: Атомиздат, 1975. 310 с.  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/solidstate.htm>

б) дополнительная литература:

- 1) В.Е. Голант, А.П. Жилинский, С.А. Сахаров. Основы физики плазмы. 1977. -384 с. -6 экз.
- 2) В.Н. Швилкин. Газовая электроника и физика плазмы в задачах. 1978. -160 с. -3 экз.
- 3) И. Мак-Даниель. Процессы столкновений в ионизованных газах, М., Мир, 1967. – 832 с. - 5 экз.
- 4) Генераторы сигналов высокочастотные; Г4-111, Г4-111/а, Г4-111/6. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. (Деканат ВШОПФ) – 30экз.
- 5) Осциллограф универсальный запоминающий С8-13. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. (Деканат ВШОПФ) – 30экз.
- 6) Усилитель дифференциальный Я40-1102 (1У13). Техническое описание и инструкция по эксплуатации. (Деканат ВШОПФ) – 30экз.
- 7) Развертка Я40-2900 (1Р91). Техническое описание и инструкция по эксплуатации. (Деканат ВШОПФ) – 30экз.
- 8) J.C. Slater, G.F. Koster, Simplified LCAO method for the periodic potential problem, Physical Review 94, 1498 (1954).
- 9) Электронный архив журналов Американского физического общества:  
<https://doi.org/10.1103/PhysRev.94.1498>.

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

- 1) Davis Millimeter-Wave Research Center. Microwave/Millimeter Wave Technology. Plasma Diagnostics. <http://tempest.das.ucdavis.edu/pdg/>
- 2) Plasma Diagnostics: <https://www.york.ac.uk/physics/research/plasma-physics/ltp/diagnostics/>

- 3) пакеты символьной математики Wolfram Mathematica и MathWorks MATLAB;
- 4) Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ <http://www.lib.unn.ru/>.

## **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 - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции УК-2:**

1. Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы. План записать в рабочей тетради.
2. Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.
3. Продемонстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.
4. Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.
5. Найти зависимость форма-фактора  $C_V$  от отношения  $N_{\text{max}}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.
6. Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.
7. Принцип работы цифрового осциллографа.
8. Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.
9. При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?
10. Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?
11. Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?
12. Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.
13. Составить план отчета о каждой лабораторной работе.
14. Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.
15. Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.
16. Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения,  $\phi-2\phi$  сканирование).
17. Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции УК-3:**

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы. План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.

Продemonстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.

Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{\text{max}}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения, ф-2ф сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.  
План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.

Продemonстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.



Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{max}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения,  $\phi-2\phi$  сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

#### **5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:**

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.  
План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.

Продemonстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.

Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{max}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения,  $\phi-2\phi$  сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

### **5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:**

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.

Продemonстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.

Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{\text{max}}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения, ф-2ф сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 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 отдельными 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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	превосходно	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»
<b>не зачтено</b>	<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 с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции УК-2

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.  
План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.

Продemonстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.

Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{max}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метод измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения,  $\phi$ -2 $\phi$  сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции УК-3**

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.

Продемонстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.

Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{\text{max}}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метод измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения,  $\phi-2\phi$  сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

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

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.

Продemonстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.

Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{\text{max}}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения,  $\phi-2\phi$  сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

### 5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.  
План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.

Продemonстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.

Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{max}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения,  $\phi$ - $2\phi$  сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

### 5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.  
План записать в рабочей тетради.

Сделать и оформить рабочие записи о ходе и результатах экспериментальной работы, в которых отразить полученную рабочую информацию.



Продemonстрировать на практике умение и навыки пользоваться современными физическими приборами в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Вычислить среднюю долю теряемой электроном энергии при упругом столкновении с атомом аргона.

Найти зависимость форма-фактора  $CV$  от отношения  $N_{max}/N_C < 1$  для плоского слоя плазмы с параболическим профилем.

Методы обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ.

Принцип работы цифрового осциллографа.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

При какой концентрации частиц в квазинейтральной плазме электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в плазму? Как надо изменить частоту волны при такой концентрации, чтобы волна прошла в плазму: увеличить или уменьшить?

Плотность плазмы на оси шнура в амбиполярной ловушке достигает  $2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Какие частоты подходят для измерений такой плотности методом отсечки СВЧ излучения?

Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?

Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.

Составить план отчета о каждой лабораторной работе.

Спланировать проведение экспериментальной работы в рамках каждой лабораторной работы.

Сформулировать предложения по улучшению точности измерений и достоверности получаемых данных в рамках выполнения каждой лабораторной работы.

Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения,  $\phi$ -2 $\phi$  сканирование).

Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.

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

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в

Оценка	Критерии оценивания
	объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Основная литература:

1. Гинзбург Виталий Лазаревич. Волны в магнитоактивной плазме. - Изд. 2-е, перераб. - М. : Наука, 1975. - 255 с. : с черт. - (Современные проблемы физики). - 0.90., 2 экз.
2. Райзер Юрий Петрович. Физика газового разряда. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1992. - 535, [1] с. : ил. - 300.00., 1 экз.
3. Браун Санборн С. Элементарные процессы в плазме газового разряда. - М. : Госатомиздат, 1961. - 323 с. : ил. - 1.50., 3 экз.
4. Займан Дж. Электроны и фононы : Теория явлений переноса в твердых телах : пер. с англ. / под ред. В. Л. Бонч-Бруевича. - М. : Изд-во иностр. лит., 1962. - 488 с. : ил. - 2.79., 3 экз.
5. Ансельм Андрей Иванович. Введение в теорию полупроводников : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., доп. и перераб. - М. : Наука, 1978. - 615 с. : ил. - 1.60., 25 экз.
6. Зеегер К. Физика полупроводников : пер. с англ. Р. Бразиса [и др.] / под ред. Ю. К. Пожелы. - М. : Мир, 1977. - 615 с. : ил. - 2.90., 14 экз.
7. Тинкхам Майкл. Введение в сверхпроводимость / пер. с англ. В. К. Корнева и др. ; под ред. К. К. Лихарева. - М. : Атомиздат, 1980. - 310 с. : ил. - 3.40., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Голант Виктор Евгеньевич. Основы физики плазмы. - М. : Атомиздат, 1977. - 384 с. - 2.72., 4 экз.
2. Швилкин Борис Николаевич. Газовая электроника и физика плазмы в задачах : [для физ. спец. вузов]. - М. : Наука, 1978. - 160 с. : ил. - 0.45., 3 экз.
3. Мак-Даниель И. Процессы столкновений в ионизованных газах : пер. с англ. / под ред. Л. А.

Арцимовича. - М. : Мир, 1967. - 832 с. - 3.61., 2 экз.

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

- 1) Davis Millimeter-Wave Research Center. Microwave/Millimeter Wave Technology. Plasma Diagnostics. <http://tempest.das.ucdavis.edu/pdg/>
- 2) Plasma Diagnostics: <https://www.york.ac.uk/physics/research/plasma-physics/ltp/diagnostics/>
- 3) пакеты символьной математики Wolfram Mathematica и MathWorks MATLAB;
- 4) Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ <http://www.lib.unn.ru/>.

## **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: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Горбачев Алексей Михайлович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.