

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»  
(РУДН)*

*Факультет физико-математических и естественных наук  
Институт физических исследований и технологий*

Рекомендовано МССН

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Спецлаборатория**

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности  
03.03.02 Физика**

**Квалификация (степень) выпускника  
бакалавр**

**1. Цели и задачи дисциплины:** Содержание дисциплины направлено на обеспечение базовой подготовки в области фундаментальной и прикладной физики. Целью дисциплины является базовая практическая подготовка для самостоятельной научно-исследовательской или технологической работы с использованием современного инструментария, программно-аппаратных средств, методов математического моделирования и аналитического изучения широкого спектра задач прикладной физики. Целями практикума служит также выработка навыков практического использования: современного оборудования для постановки и проведения натурального физического эксперимента, методов математического моделирования при постановке вычислительного эксперимента, профессионального прикладного программного обеспечения для проведения сложных инженерно-физических расчетов, методов и подходов аналитического рассмотрения разнообразных физических процессов и явлений.

В курсе используется современное профессиональное научно-исследовательское оборудование, программно-аппаратные средства последнего поколения, специализированное программное обеспечение для постановки и проведения вычислительного эксперимента и аналитических пакетов для проведения сложных инженерно-физических вычислений, а также оцениваются возможности используемых методов и делается прогноз о направлениях их дальнейшего развития.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:**

Дисциплина «Спецлаборатория» относится к элективным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы по направлению **03.03.02** – Физика.

Изучение дисциплины базируется на следующих дисциплинах образовательной программы бакалавра по направлению: модуль «Общая физика», модуль «Теоретическая физика» базовой части цикла математических и естественнонаучных дисциплин, дисциплин вариативной части профессионального цикла: «Физическая электроника», «Основы физики плазмы», «Введение в физику УТС», «Графическое программирование», «Измерения и обработка данных».

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

### **Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций**

<b>№ п/п</b>	<b>Шифр и наименование компетенции</b>	<b>Предшествующие дисциплины</b>	<b>Последующие дисциплины (группы дисциплин)</b>
1	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2)	Основы физики СВЧ Введение в радиоэлектронику Радиоэлектроника	Преддипломная практика

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** инструментарий (оборудование, ПО), принципы и методы, лежащих в основе современных экспериментальных исследований;

**Уметь:** определять взаимосвязь макро и микро параметров изучаемых процессов и явлений;

**Владеть:** навыками проведения экспериментальных исследований в области прикладной физики.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры ( модули)	
		7 (мод. D)	7 (мод .E)
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>24</b>
В том числе:	-	-	-
Лекции	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Семинары (С)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	51	27	24
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>165</b>	<b>117</b>	<b>48</b>
В том числе:	-	-	-
Курсовой проект (работа)*	-	-	+
Расчетно-графические работы	-	-	-
Реферат	-	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>			
Изучение литературы по дисциплине	55	41	14
Подготовка к выполнению лабораторных работ, обработка результатов и оформление отчета	56	40	16
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	54	36	18
Общая трудоемкость	час	<b>216</b>	<b>144</b>
	зач. ед.	<b>6</b>	<b>4</b>

\*Предусмотрены за дополнительные зачетные единицы.

### 5. Содержание дисциплины

#### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Приборы, техника и методы физического эксперимента и диагностик.	<b>Активные и пассивные методы диагностики</b> (зонды, энергетические анализаторы заряженных частиц); <b>СВЧ диагностические методы</b> (резонаторная, интерферометрия, спектральный состав излучения); <b>Оптическая спектрометрия</b> (модели равновесия, радиационные процессы в плазменных системах); <b>Импедансная спектроскопия</b> (измерения амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик образцов); <b>ЭПР-спектрометрия</b> (методы анализа, анализ фотобиологических процессов, определение величин и констант обменного взаимодействия ионов); <b>Масс-спектрометрия</b> (методы анализа, время-пролетные, квадрупольные и магнитные анализаторы); <b>Рентгеновская спектрометрия</b> (методы анализа, сплошной и линейчатый спектр)
2	Модели и методы	<b>Метод «водяного мешка»</b> ; <b>Метод частиц в ячейке</b> ;

	вычислительного эксперимента	<b>Метод Монте-Карло.</b>
3	Системы и методы аналитических вычислений	<b>Системы и алгоритмы символьной (аналитической) математики</b> (Системы символьной математики и языки программирования высокого уровня Maple, MatLab и MathCad, Simulink); <b>Методы решения</b> обыкновенных дифференциальных уравнений, интегральных уравнений.

### 5.3. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС *)	Всего час.
1.	Приборы, техника и методы физического эксперимента и диагностик.			30		42	72
2.	Модели и методы вычислительного эксперимента			28		44	72
3	Системы и методы аналитических вычислений			28		80	108
	<b>ИТОГО</b>			86		166	252

\*) Курсовые предусмотрены за дополнительные зачетные единицы.

### 6. Лабораторный практикум\*

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	1	Активные и пассивные методы диагностики (зонды, энергетические анализаторы заряженных частиц)	6
2	1	СВЧ диагностические методы (резонаторная, интерферометрия, спектральный состав излучения)	6
3	1	Оптическая спектрометрия (модели равновесия, радиационные процессы в плазменных системах)	6
4	1	Импедансная спектроскопия (измерения амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик образцов)	6
5	1	ЭПР-спектрометрия (методы анализа, анализ фотобиологических процессов, определение величин и констант обменного взаимодействия ионов)	6
6	1	Масс-спектрометрия (методы анализа, типы анализаторов, определение компонентного состава газовой фазы и количественных характеристик)	6
7	1	Рентгеновская спектрометрия (методы анализа, сплошной и линейчатый спектр)	3
8	2	Метод «водяного мешка»	12
9	2	Метод частиц в ячейке	12
10	2	Метод Монте-Карло	10
11	3	Самофокусировка света в нелинейной среде: расчет и моделирование в среде MatLab	5
12	3	Расчет и моделирование движения волновых пакетов в среде с дисперсией в среде MatLab	5
13	3	Движение пылинки под действием стоячей звуковой волны в резонаторе – расчет и моделирование в среде Maple	5
14	3	Снятие частотных характеристик объекта с	6

		использованием виртуальных фазометра и измерителя затуханий	
15	3	Преобразование цифрового сигнала в аналоговый»	6
16	3	Simulink-модели наиболее распространенных передаточных функций и моделирование нелинейных моделей регулирования	6
17	3	Изучение режимов колебания маятника с вибрирующим подвесом в Maple	5
18	3	Решение дифференциальных уравнений механических систем в MatLab	6

**7. Практические занятия (семинары)** не предусмотрены учебным планом.

**8. Примерная тематика курсовых проектов (работ)** не предусмотрены учебным планом

**9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

**Литература**

**Обязательная:**

1. Кунце Х:И. Методы физических измерений Перевод с немецкого под редакцией д-ра физ.-мат. наук Л.С. Швиндлермана. М.: Мир, 1989.
2. Мирский Г.Я. Электронные измерения. Издание четвертое. М.: Радио и связь, 1986.
3. Клаассен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. М.: Постмаркет, 2002.
4. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия, в 2-х томах. М.: УРСС, 2007.
5. Смирнов Б.М. Физика атома и иона. М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Павлинский Г.В. Основы физики рентгеновского излучения. М.: Физматлит, 2007, 240 с.
7. Сысоев А.А. и др. Изотопная масс-спектрометрия. М.: Энергоатомиздат, 1993
8. Вертц Дж., Болтон Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР. М.: 1975
9. А.Н. Зайдель и др. Техника и практика спектроскопии. М.: Наука, 1972
10. Алтышулер С.А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс. М.: Физматгиз, 1961.
11. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М.: Изд. МГУ, 2004.
12. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К., Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках: Учеб. пособие. М.: МИФИ, 2000.
13. Спецлаборатория изд. 3 перераб. и доп. Часть 2. М.: Изд. Московского университета, 1977.
14. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. М.: Энергоатомиздат, 1991.
15. Диденко А.Н., Лигачев А.Е., Куракин И.Б. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. М.: Энергоатомиздат, 1987.
16. Лебедев И.В. Техника и приборы сверхвысоких частот. М.: Госэнергоиздат. 1964, Т.2.

**Дополнительная:**

1. Фрайден Дж. Современные датчики. Справ. М.: Техносфера, 2005.
2. Букингом М. Шумы в электронных приборах и системах / пер. с англ. М.: Мир, 1986. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9. М.: Изд-во «НТ Пресс», 2004.
3. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. М.: Наука, 1977.
4. Уманский М.М. Аппаратура рентгеноструктурных исследований. М. 1960.
5. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия, в 2-х томах. М.: УРСС, 2007.
6. Блюменфельд Л.А. и др. Применение электронного парамагнитного резонанса в химии. Новосибирск: Изд. Сиб. Отд. АН СССР, 1962.
7. Феррар Т., Беккер Э. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР. М.: 1973.
8. Блюмих Б. Основы ЯМР. М.: Техносфера, 2007.

9. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика, в 3-х томах. М.: УРСС, 2007.
10. Цитович А.П. Ядерная электроника. М., 1984.
11. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973.
12. Чернушенко А.М., Петров Б.В., Малорацкий Л.Г., Меланченко Н.Е., Бальсевич А.С. Конструирование экранов и СВЧ-устройств. М.: Радио и связь, 1990.
13. Миллер Р. Введение в физику сильноточных пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1984.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://www.eps.org/> – Европейское физическое общество.

<http://www.kiae.ru/> – Курчатовский институт.

<http://www.kipt.kharkov.ua/indexr.html> – национальный научный центр. Харьковский физико-технический институт.

<http://fusedweb.llnl.gov/> – исследования ядерной энергии.

<http://www.aip.org/> – американский институт физики.

<http://top.msu.ru/> - каталог научно-образовательных ресурсов МГУ

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/> - Ядерная физика в Интернете (НИИЯФ МГУ).

<http://www.physics-words.com/> - толковые словари по физике

<http://prac-gw.sinp.msu.ru/atom.htm> - Практикум по ядерной и атомной физике МГУ

<http://www.phys.nsu.ru/> - сайт физического факультета Новосибирского государственного университета

<http://psj.nsu.ru/> - центр инновационных образовательных технологий Новосибирского государственного университета

<http://www.iop.org/> - web-сайт Международного Института Физики

<http://physics.nist.gov/lab.html> - физическая лаборатория Национального института стандартов и технологий США (включая базы экспериментальных данных)

<http://www.iaea.org/> - Международное агентство по атомной энергии

<http://www.vacuum.ru/> - (Рос вакуумное общество)

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/cover.html> - таблицы баз данных рентгеновской спектроскопии (институт стандартизации и технологий США)

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционный компьютер, мультимедийный проектор, интерактивная доска, лицензионное ПО: Microsoft Office (Word Excel PowerPoint), Adobe Acrobat 8.0 Pro, Maple, MatLab и MathCad, Simulink. Дисплейный класс для проведения занятий по разделам 2 и 3 Многофункциональный стенд источников ионов (накаленный катод, полый катод, ВЧ) Микроволновые источники плазмы (ЭЦР источники). Диагностические системы (энергоанализаторы, зондовые системы), ЭПР-спектрометр, Рентгеновский спектрометр (Bruker), ВЧ-спектроанализатор реального времени (Tektronix), Измеритель импеданса (Agilent), Спектрометр- монохроматор (Solarti).

## 11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Практические (лабораторные) занятия проводятся в три этапа:

- допуск к выполнению - проверка преподавателем самостоятельной работы студента, проведенной им с использованием учебно-методических пособий и предложенной литературы, т.е. персональная проверка уровня знаний вопросов, связанных с тематикой предстоящей практической работы;
- непосредственное проведение экспериментальных исследований, самостоятельная обработка результатов измерений, подготовка и написание отчета, согласно методическим требованиям;
- обсуждение индивидуальных отчетов студентов по выполненной работе и их оценка.

**12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Шкала оценок**

Соответствие систем оценок (согласно Приказу Ректора № 996 от 27.12.2006 г.)

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки
86-100	5	95-100	5+	A
		86-94	5	B
69-85	4	69-85	4	C
51-68	3	61-68	3+	D
		51-60	3	E
0-50	2	31-50	2+	FX
		0-30	2	F
51-60	Зачет		Зачет	Passed

**Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Спецлаборатория**

Направление/Специальность: 03.03.02 «Физика»

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Наименование оценочного средства			Баллы темы	Баллы раздела
		Текущий контроль		Промежуточная аттестация		
		Тест	персональная проверка уровня знаний в вопросах, связанных с тематикой предстоящей практической работы	обсуждение индивидуальных отчетов студентов по выполненной работе и их оценка		
ПК-2	Активные и пассивные методы диагностики (зонды, энергетические анализаторы заряженных частиц)		3	3		<b>6</b>
ПК-2	СВЧ диагностические методы (резонаторная, интерферометрия, спектральный состав излучения)		3	3		<b>6</b>
ПК-2	Оптическая спектрометрия (модели равновесия, радиационные процессы в плазменных системах)		3	3		<b>6</b>
ПК-2	Импедансная спектроскопия (измерения амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик образцов)		3	3		<b>6</b>
ПК-2	ЭПР-спектрометрия (методы анализа, анализ фотобиологических процессов, определение величин и констант обменного взаимодействия ионов)		3	3		<b>6</b>
ПК-2	Масс-спектрометрия (методы анализа, типы анализаторов, определение компонентного состава газовой фазы и количественных характеристик)		3	3		<b>6</b>
ПК-2	Рентгеновская спектрометрия (методы анализа, сплошной и линейчатый спектр)		1	1		<b>2</b>

ПК-2	Метод «водяного мешка»		6	6		<b>12</b>	
ПК-2	Метод частиц в ячейке		6	6		<b>12</b>	
ПК-2	Метод Монте-Карло		4	6		<b>10</b>	
ПК-2	Самофокусировка света в нелинейной среде: расчет и моделирование в среде MatLab		1	2		<b>3</b>	
ПК-2	Расчет и моделирование движения волновых пакетов в среде с дисперсией в среде MatLab		1	2		<b>3</b>	
ПК-2	Движение пылинки под действием стоячей звуковой волны в резонаторе – расчет и моделирование в среде Maple		1	2		<b>3</b>	
ПК-2	Снятие частотных характеристик объекта с использованием виртуальных фазометра и измерителя затуханий		2	2		<b>4</b>	
ПК-2	Преобразование цифрового сигнала в аналоговый		2	2		<b>4</b>	
ПК-2	Simulink-модели наиболее распространенных передаточных функций и моделирование нелинейных моделей регулирования		2	2		<b>4</b>	
ПК-2	Изучение режимов колебания маятника с вибрирующим подвесом в Maple		1	2		<b>3</b>	
ПК-2	Решение дифференциальных уравнений механических систем в MatLab		2	2		<b>4</b>	
	<b>Итого:</b>						<b>100</b>

## Вопросы для контроля

1. Эффективные сечения взаимодействия частиц, длина их свободного пробега, частота столкновений.
2. Дифференциальное и транспортное сечения взаимодействия частиц.
3. Кулоновские столкновения заряженных частиц. Резонансная перезарядка.
4. Обмен энергией и релаксация энергии при столкновении частиц.
5. Неупругие столкновения электронов с атомами и молекулами.
6. Дрейф электронов в слабоионизованном газе.
7. Продольная и поперечная диффузия ионов в присутствии электрического поля.
8. Диффузия электронов в плазме при наличии электрического и магнитного полей. Амбиполярная и свободная диффузия.
9. Электрический ток в плазме в присутствии градиентов плотности зарядов.
10. Ионизация электронным ударом. Фотоионизация.
11. Ионизация при столкновении возбужденного атома с атомом или молекулой. Ассоциативная ионизация.
12. Рекомбинация электронов и положительных ионов. Фоторекомбинация.
13. Ударно-радиационная рекомбинация с участием атомов. Диэлектронная и диссоциативная рекомбинации.
14. Механизмы образования отрицательных ионов.
15. Освобождение электронов из отрицательных ионов. Ион-ионная рекомбинация.
16. Химический и ионизационный состав плазмы при термодинамическом равновесии. Термодинамические функции.
17. Диффузия и вязкость в плазменных средах.
18. Структура переходного слоя плазма – твердое тело.
19. Электронные слои. Условие существования дебаевского слоя.
20. Процессы на поверхности. Адсорбция. Десорбция.
21. Процессы на поверхности. Поверхностная ионизация. Распыление поверхностей. Эмиссия электронов с поверхностей.
22. Пылевая плазма. Взаимодействие заряженных макрочастиц между собой.
23. Линейные колебания в однородной пылевой плазме.
24. Генераторы плазмы практического назначения.
25. Ионные источники как генераторы плазмы. Эрозийные генераторы плазмы.
26. Микроволновые генераторы плазмы и их практические приложения.
27. Высокочастотные генераторы плазмы и их практические приложения.
28. Применение плазмы в решении экологических проблем атмосферы Земли. Очистка газов от пылевых частиц. Очистка отходящих газов от окислов серы и азота.
29. Плазменные методы удаления органических отходов.
30. Применение плазмы в решении озонового слоя Земли.
31. Применение плазмы для модификации поверхностных слоев материалов и синтеза новых материалов.
32. Применение плазмы в микроэлектронике.
33. Плазмохимическое нанесение полимерных покрытий и модификация их поверхностей.
34. Плазменный катализ.
35. Энергетические состояния атома. Одноэлектронные и многоэлектронные системы. Диаграммы Гротриана. Оптические спектры атомов.
36. Рентгеновские спектры. Строение молекул. Молекулярные спектры.
37. Индуцированное излучение. Радиоспектроскопия. ЭПР. ЯМР.
38. Радиоактивность. Гамма-спектрометрия.
39. Элементы зонной теории твердого тела. Образование энергетических зон.
40. Электронный газ в металле. Сегнетоэлектрики.
41. Диэлектрики. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости.
42. Теория диамагнетизма. Парамагнетизм атомов и молекул.

43. Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм.
44. Термоэлектронная эмиссия металлов и полупроводников. Работа выхода. Закон Ричардсона-Дешмана. Контактная разность потенциалов.
45. Эффект Шоттки. Автоэлектронная эмиссия.
46. Фотоэлектронная эмиссия. Основные законы. Формула Фаулера. Фотокатоды.
47. Вторичная электронная эмиссия. Распределение вторичных электронов по энергиям. Зависимость коэффициента вторичной эмиссии от энергии и угла падения первичных электронов. Вторично-электронные эмиттеры.
48. Элементы электронной оптики. Электростатические и магнитостатические фокусирующие системы.
49. Особенности движения потоков заряженных частиц. Учет кулоновского поля. Эмиттанс. Яркость. Ленгмюровский предел плотности тока.
50. Предельная плотность тока пучка в вакуумном и газовом пролетном промежутке. Влияние ионов на процесс транспортировки пучка. Процесс рассеяния на молекулах фонового газа.
51. Элементы ионной оптики. Статические масс-анализаторы. Динамические масс-анализаторы.
52. Методы экспериментального изучения параметров пучков. Цилиндр Фарадея. Пояс Роговского. Энергетический анализ.
53. Распространение электромагнитных волн в коаксиальных линиях и в полых волноводах с различным профилем сечения. Типы волн. Одноволновый режим передачи электромагнитной энергии и коэффициент широкополосности волновода.
54. Способы возбуждения волн в волноводах. Коэффициенты отражения, коэффициент бегущей волны, коэффициент стоячей волны.
55. Основные типы коаксиальных и полых резонаторов, их свойства, параметры и характеристики.
56. Резонансная частота. Добротность. Типы волн в закрытых резонаторах и условия их возбуждения.
57. Методы и способы измерений в СВЧ диапазоне
58. Плазменный релятивистский генератор СВЧ-импульсов (ПРГ) – плазменный мазер. Плазменный релятивистский усилитель СВЧ-импульсов.
59. Классификация ошибок измерений. Вероятностные характеристики случайных ошибок. Корреляционный анализ экспериментальных данных.
60. Прямые измерения. Мостовые и компенсационные методы измерений.
61. Энергетическое и анэнергетическое согласование.
62. Понятие импеданса. Распределение токов и напряжений в цепях комплексных сопротивлений.
63. Амплитудно- и фазо-частотные характеристики. Добротность. Q-метр.
64. Длина свободного пробега. Распределение молекул по скоростям. Вакуумные условия. Процессы переноса в условиях вакуума. Режимы течения газов в вакуумных системах. Явления и процессы на границе вакуум-поверхность.
65. Общие вопросы оптической спектроскопии. Оптические материалы. Спектральный анализ.
66. Рабочий спектральный диапазон прибора. Аппаратная функция. Светосила и относительное отверстие. Дисперсия и разрешающая способность.
67. Типы спектральных приборов. Оптические схемы спектральных приборов.
68. Черное тело. Источники теплового излучения. Газоразрядные источники излучения.
69. Контур и уширение спектральной линии.
70. Основные характеристики ионизирующего излучения в рентгеновском диапазоне длин волн. Источники излучений.
71. Детекторы ионизирующих излучений и их основные характеристики.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Руководитель направления 03.03.02

Директор института физических исследований и технологий, д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза