

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Специализированный физический практикум Б1.В.ОД.5

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Романова И.В.

Рецензент(ы):

Недопекин О.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Таюрский Д. А.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 6133718

Казань
2018

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) начальник отдела Романова И.В. Отдел образования Института физики КФУ Институт физики, Irina.Choustova@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Освоить современные методы исследования веществ и материалов (рентгеновское излучение, взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, рентгеноструктурный анализ) и биологических объектов (рентгеновская томография).

Практическое знакомство с современными экспериментальными методами исследования.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.02 Физика и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7 семестры.

Для успешного освоения дисциплины необходимо успешное освоение дисциплин:

механика

молекулярная физики

электричество и магнетизм

атомная физика

общий физический практикум

необходимо иметь навыки работы с лабораторным оборудованием, построения графиков, таблиц, написания отчетов о проделанной работе.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способность выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые общепрофессиональные знания и теории и методов физических исследований
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Устройство рентгеновской трубки;

Принципы проведения рентгеноструктурного анализа и рентгенофлюоресцентного анализа;

Принцип работы рентгеновского томографа;

Свойства рентгеновского излучения;

Основы явлений ядерного магнитного резонанса и электронного парамагнитного резонанса;

Суть явления высокотемпературной сверхпроводимости.

2. должен уметь:

самостоятельно ставить и решать экспериментальные задачи;

сопоставлять экспериментально полученные данные с установленными физическими законами;

строить модели проводимых экспериментов;

составлять отчеты об экспериментальных исследованиях.

3. должен владеть:

Техникой работы на рентгеновском дифрактометре, рентгеновском томографе, ЯМР и ЭПР спектрометрах начального уровня.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Работать на современном научном оборудовании;

Обрабатывать полученные экспериментальные результаты;

Объяснять полученные результаты, сопоставлять с известными физическими законами.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 6 семестре; зачет в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Ядерный магнитный резонанс	6	1-3	0	0	6	Отчет Лабораторные работы

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Высокотемпературная сверхпроводимость	6	4-6	0	0	6	Отчет Лабораторные работы
3.	Тема 3. Сравнительный анализ спектра от времени экспозиции	6	7-9	0	0	6	Лабораторные работы Отчет
4.	Тема 4. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от абсорбирующего вещества	6	10-12	0	0	6	Отчет Лабораторные работы
5.	Тема 5. Электронный парамагнитный резонанс	6	13-15	0	0	6	Лабораторные работы Отчет
6.	Тема 6. Определение коротковолновой границы тормозного излучения и постоянной Планка	6	16-18	0	0	6	Лабораторные работы Отчет
7.	Тема 7. Отражение Брэгга: определение постоянной решетки монокристалла	7	1-3	0	0	6	Отчет Лабораторные работы
8.	Тема 8. Закон Мозли и определение постоянной Ридберга	7	4-6	0	0	6	Лабораторные работы Отчет
9.	Тема 9. Исследование химического состава сплавов	7	7-9	0	0	6	Лабораторные работы Отчет
10.	Тема 10. Флюоресценция люминесцентного экрана вследствие воздействия рентгеновских лучей	7	10-12	0	0	6	Отчет Лабораторные работы
11.	Тема 11. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от толщины абсорбирующего вещества	7	13-15	0	0	6	Лабораторные работы Отчет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
12.	Тема 12. Рентгеновская компьютерная томография	7	16-18	0	0	6	Лабораторные работы Отчет
·	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Зачет
·	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			0	0	72	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Ядерный магнитный резонанс

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Наблюдение сигнала ЯМР ядер ^1H в глицерине и в воде, наблюдение сигнала ЯМР ядер ^{19}F в фторопласте. Исследование формы линии, сравнение интенсивности сигналов ЯМР различных ядер, определение гиромагнитных отношений ядер водорода и фтора.

Тема 2. Высокотемпературная сверхпроводимость

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Исследование зависимости сопротивления высокотемпературного сверхпроводника от температуры. Определение температуры перехода в сверхпроводящее состояние.

Тема 3. Сравнительный анализ спектра от времени экспозиции

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Получение рентгеновских спектров с разными значениями времени экспозиции. Сравнение полученных спектров по интенсивности.

Тема 4. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от абсорбирующего вещества

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Проверка закона Бугера-Ламберта-Бера. Исследование поглощения рентгеновских лучей в зависимости от абсорбирующего вещества.

Тема 5. Электронный парамагнитный резонанс

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Получение сигнала ЭПР от свободного радикала в соединении ДФПГ, наблюдение сигнала на различных резонансных частотах. Изучение формы линии сигнала ЭПР, определение полуширины резонансной линии.

Тема 6. Определение коротковолновой границы тормозного излучения и постоянной Планка

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Определение предельной длины волны λ_{min} непрерывного спектра тормозного излучения в зависимости от высокого напряжения на рентгеновской трубке. Подтверждение отношения Дуэйна-Ханта. Определение постоянной Планка.

Тема 7. Отражение Брэгга: определение постоянной решетки монокристалла

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Снятие рентгеновской дифрактограммы монокристаллов LiF и NaCl, определение межплоскостных расстояний и определение параметров кристаллической решетки. Снятие рентгеновской дифрактограммы неизвестного вещества, определение вещества и постоянной кристаллической решетки.

Тема 8. Закон Мозли и определение постоянной Ридберга

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Измерение К-краев поглощения в спектрах пропускания Zr, Mo, Ag. Проверка закона Мозли. Определение постоянной Ридберга.

Тема 9. Исследование химического состава сплавов

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Исследование явления люминесценции. Определение химического состава сплавов на примере нескольких монет по выбору преподавателя.

Тема 10. Флюоресценция люминесцентного экрана вследствие воздействия рентгеновских лучей

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Исследование зависимости яркости и контрастности люминесцентного экрана от эмиссионного тока и высокого напряжения трубки.

Тема 11. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от толщины абсорбирующего вещества

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Проверка закона Бугера-Ламберта-Бера. Исследование поглощения рентгеновских лучей в зависимости от толщины абсорбирующего вещества.

Тема 12. Рентгеновская компьютерная томография

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Изучение работы лабораторного рентгеновского компьютерного томографа, изучение принципов построения изображения и получение томограмм различных объектов.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Ядерный магнитный резонанс	6	1-3	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
2.	Тема 2. Высокотемпературная сверхпроводимость	6	4-6	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
3.	Тема 3. Сравнительный анализ спектра от времени экспозиции	6	7-9	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от поглощающего вещества	6	10-12	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
5.	Тема 5. Электронный парамагнитный резонанс	6	13-15	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
6.	Тема 6. Определение коротковолновой границы тормозного излучения и постоянной Планка	6	16-18	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Отражение Брэгга: определение постоянной решетки монокристалла	7	1-3	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
8.	Тема 8. Закон Мозли и определение постоянной Ридберга	7	4-6	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
9.	Тема 9. Исследование химического состава сплавов	7	7-9	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Флюоресценция люминесцентного экрана вследствие воздействия рентгеновских лучей	7	10-12	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
11.	Тема 11. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от толщины поглощающего вещества	7	13-15	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
12.	Тема 12. Рентгеновская компьютерная томография	7	16-18	Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании, установленном в лаборатории	3	лабораторные работы
				Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы, представление отчета преподавателю и ответ на ко	3	отчет
Итого					72	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Самостоятельные лабораторные работы с обсуждением результатов с преподавателем и написание отчета по результатам выполнения лабораторной работы.

Экскурсия в музей имени Е.К. Завойского - тема: Открытие ЭПР в Казанском университете: история и перспективы

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Ядерный магнитный резонанс

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 2. Высокотемпературная сверхпроводимость

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 3. Сравнительный анализ спектра от времени экспозиции

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 4. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от абсорбирующего вещества

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 5. Электронный парамагнитный резонанс

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 6. Определение коротковолновой границы тормозного излучения и постоянной Планка

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 7. Отражение Брэгга: определение постоянной решетки монокристалла

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 8. Закон Мозли и определение постоянной Ридберга

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 9. Исследование химического состава сплавов

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 10. Флюоресценция люминесцентного экрана вследствие воздействия рентгеновских лучей

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 11. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от толщины поглощающего вещества

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Тема 12. Рентгеновская компьютерная томография

лабораторные работы , примерные вопросы:

Выполнение экспериментальных исследований на оборудовании в лаборатории.

отчет , примерные вопросы:

Подготовка и представление отчета в форме научной статьи преподавателю, с объяснением работы экспериментальной установки, полученных результатов и ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Итоговая форма контроля

зачет

Итоговая форма контроля

зачет

Примерные вопросы к зачету:

Контрольные вопросы к лабораторным работам по курсу "Спецпрактикум"

ЛР ♦521. ЯМР

1. Понятие ЯМР
2. Классическое и квантовомеханическое рассмотрение явления ЯМР
3. Определение гиромагнитного отношения, анализ полученных в работе результатов

ЛР ♦522. Резонансное поглощение в схеме пассивного РЧ осциллятора

1. Понятие ЭПР
2. Спиновый гамильтониан (случай для спина 1/2)
3. Гамильтониан для парамагнитного центра
4. Понятие g-фактора
5. Схема лабораторной установки

ЛР ♦523. Электронный парамагнитный в соединении ДФПГ

1. Понятие ЭПР
2. Спиновый гамильтониан (случай для спина 1/2)
3. Гамильтониан для парамагнитного центра
4. Понятие g-фактора
5. Схема лабораторной установки

ЛР ♦531. ВТСП

1. Открытие явления сверхпроводимости, понятие высокотемпературной сверхпроводимости
2. Критические параметры ВТСП
3. Применение

ЛР ♦541. Отражение Брэгга: определение постоянной решетки монокристалла (Cu, Mo анод)

1. Симметрия кристаллов, элементарная ячейка, точечные и пространственные группы симметрии
2. Закон Брегга-Вульфа (с выводом)
3. Индексирование рентгеновских дифрактограмм, определение межплоскостных расстояний и параметров элементарной ячейки

ЛР ♦542. Определение постоянной решетки кубической сингонии методом Дебая-Шерера (порошка)

1. Симметрия кристаллов, элементарная ячейка, точечные и пространственные группы симметрии
2. Закон Брегга-Вульфа (с выводом)
3. Индексирование рентгеновских дифрактограмм, определение межплоскостных расстояний и параметров элементарной ячейки

ЛР ♦543. Сравнительный анализ спектра от времени экспозиции

1. Рентгеновское излучение, свойства
2. Характеристический и непрерывный спектр
3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

ЛР ♦551. Исследование химического состава сплавов

1. Рентгеновское излучение, свойства
2. Характеристический и непрерывный спектр
3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

ЛР ♦561. Флюоресценция люминесцентного экрана вследствие воздействия рентгеновских лучей

1. Рентгеновское излучение, свойства
2. Характеристический и непрерывный спектр
3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, явление флюоресценции

ЛР ♦562. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от абсорбирующего вещества

1. Рентгеновское излучение, свойства
2. Характеристический и непрерывный спектр
3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом
4. Закон Бугера-Ламберта-Бера

ЛР ♦563. Исследование ослабления рентгеновских лучей в зависимости от толщины абсорбирующего вещества

1. Рентгеновское излучение, свойства
2. Характеристический и непрерывный спектр
3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, коэффициент поглощения
4. Закон Бугера-Ламберта-Бера

ЛР ♦571. Определение коротковолновой границы тормозного излучения и постоянной Планка

1. Рентгеновское излучение, свойства
2. Характеристический и непрерывный спектр
3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, метод определения постоянной Планка

ЛР ♦572. Закон Мозли и определение постоянной Ридберга

1. Рентгеновское излучение, свойства
2. Характеристический и непрерывный спектр
3. Закон Мозли и постоянная Ридберга

ЛР Томография

1. Принцип действия компьютерного томографа.
2. Виды томографов.
3. Преобразование Радона.
4. Применение томографии.

7.1. Основная литература:

1. Савельев, И.В. Основы теоретической физики (в 2 тт.). Том 2. Квантовая механика [Электронный ресурс] : учебник / И.В. Савельев. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. ? 432 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71765>
2. Савельев, И.В. Курс физики (в 3 тт.). Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Савельев. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2017. ? 308 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91064>
3. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Савельев. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2018. ? 320 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106893>
4. Сизиков, В.С. Прямые и обратные задачи восстановления изображений, спектроскопии и томографии с MatLab [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Сизиков. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2017. ? 412 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99358>

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Романова И.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Недопекин О.В. _____

"__" _____ 201__ г.