

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

**Авторы-составители: Вольхин Игорь Львович
Лунегов Игорь Владимирович
Ажеганов Александр Сергеевич
Золотарев Иван Владимирович**

**Рабочая программа дисциплины
КВАНТОВАЯ РАДИОФИЗИКА
Код УМК 60412**

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Квантовая радиофизика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **03.03.03** Радиофизика
направленность Электроника, микро- и наноэлектроника

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Квантовая радиофизика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.03 Радиофизика (направленность : Электроника, микро- и наноэлектроника)

ПК.5 Способен использовать современную радиоэлектронную и оптическую аппаратуру и оборудование в научно-исследовательской деятельности

Индикаторы

ПК.5.1 Использует в ходе экспериментов основные методы радиофизических измерений

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.03 Радиофизика (направленность: Электроника, микро- и наноэлектроника)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Квантовая радиофизика. Первый семестр

Дисциплина «Квантовая радиофизика» нацелена на формирование профессиональной компетенции выпускника:

- обладать базовыми теоретическими знаниями (в том числе по дисциплинам профилизации) в объеме, достаточном для решения профессиональных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг проблем, связанных с квантовым характером явлений взаимодействия электромагнитного поля с веществом. Большое внимание уделено принципам работы приборов квантовой электроники, применению методов радио- и лазерной спектроскопии в физических исследованиях и для решения прикладных задач

Излучение и поглощение электромагнитных волн веществом.

Электромагнитное поле в стационарном состоянии. Свойства фотона. Когерентные фотонные состояния. Энергетические уровни квантовых систем. Заселенность энергетических уровней. Равновесная разность заселенностей. Спин-решеточная релаксация. Поглощение энергии электромагнитного поля квантовой системой. Эффект насыщения. Спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. .

Воздействие высокочастотного поля на квантовую систему

Электронный и ядерный магнитные моменты Магнитные моменты атомов. Взаимодействие электронных и ядерных магнитных моментов с магнитными полями. Вращательные спектры молекул. Спектр молекулы аммиака. Причины уширения спектральных линий в радиоспектроскопии Магнитная структура атомных спектров. Квантовый стандарт частоты на пучке атомов цезия.

Электронный и ядерный магнитные резонансы

Явление магнитного резонанса. Спин-спиновое и спин-решеточное взаимодействия. Макроскопическая ядерная намагниченность. Уравнения Блоха. Эффективное поле. Дисперсия и поглощение Электронный парамагнитный резонанс. g-фактор. Тонкая и сверхтонкая структура линий. Ядерный магнитный резонанс. Стационарные методы регистрации спектров. Импульсные методы ЯМР, ядерная индукция и спиновое эхо. Многоимпульсные методы. Тонкая структура линий ЯМР в жидкостях, постоянная экранирования, химические сдвиги. ЯМР-томография. Ядерный квадрупольный резонанс. Автоматизация эксперимента. Приложения методов магнитного резонанса.

Неравновесное состояние квантовых систем

Характеристики неравновесных состояний квантовых систем. Отрицательная температура. Методы создания инверсных заселенностей уровней: оптической накачкой, инъекцией носителей, электронным ударом. Трехуровневые системы. Преимущества четырехуровневых систем. Методы создания инверсных заселенностей уровней в радиодиапазоне. .Возможность усиления в средах с инверсными заселенностями.

Квантовые усилители и генераторы радиодиапазона

Квантовые парамагнитные усилители радиодиапазона. Квантовый усилитель бегущей волны. Шум-фактор квантового парамагнитного усилителя. Квантовые парамагнитные усилители резонаторного типа. Конструирование квантовых парамагнитных усилителей. Условия самовозбуждения квантового генератора. Форма и ширина спектральной линии. Характеристики когерентности электромагнитного излучения. Сортировка молекулярных пучков по энергетическим состояниям в неоднородных полях. Квантовый генератор на пучке атомов водорода. Спектр излучения квантового генератора.

Основные типы лазеров. Газовые и твердотельные лазеры

Открытые резонаторы. Твердотельные лазеры на примесных кристаллах и стеклах, на центрах окраски. Лазер на рубине. Газовые лазеры на нейтральных атомах, на смеси He-Ne ионные, молекулярные, на парах металлов. Лазеры на эксимерах, на красителях, химические.

Основные типы лазеров. Полупроводниковые и другие лазеры

Неравновесные состояния в полупроводниках. Отрицательные температуры в полупроводниках. Инжекция носителей тока через p-p переход. Инжекционный лазер. Лазеры на свободных электронах. Плазменные лазеры. Принципы генерации рентгеновского излучения.

Нелинейная оптика

Отклик среды на действие электромагнитного поля. Векторы поляризации и намагниченности среды. Связь поляризации среды с полем. Тензоры линейной и нелинейной восприимчивости вещества. Механизмы оптической нелинейности сред. Электронная нелинейность сред. Нелинейные восприимчивости атомов и молекул. Линейные и нелинейные восприимчивости кристаллов. Основные нелинейные кристаллы. Явление самофокусировки света. Многофотонное поглощение и вынужденное комбинационное рассеяние. Параметрические процессы: генерация гармоник, смешение частот, параметрическое рассеяние. Лазерная спектроскопия.

Электронный парамагнитный резонанс

Лабораторная работа 1.

Ознакомление с методами ЭПР-спектроскопии и принципом работы спектрометра ЭПР непрерывного действия. Запись спектров со сверхтонким расщеплением и их расшифровка. Применение ЭПР в науке (физика, химия, биология) и технике.

Ядерный магнитный резонанс. Стационарный метод.

Лабораторная работа 2.

Ознакомление со стационарным методом ЯМР и его использованием для прецизионного измерения индукции постоянного магнитного поля.

Ядерный магнитный резонанс в ферромагнетиках

Лабораторная работа 3.

Ознакомление с ЯМР-методами исследования магнитоупорядоченных веществ и принципами работы импульсного ЯМР-релаксометра. Методы измерения времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации.

Ядерный магнитный резонанс. Импульсные методы.

Лабораторная работа 4.

Ознакомление с многоимпульсными методами ЯМР и принципом работы автоматизированного многоимпульсного ЯМР-релаксометра. Многоимпульсные методы измерения времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации и их применения для исследования фазового состава веществ.

Ядерный квадрупольный резонанс.

Лабораторная работа 5.

Ознакомление с методами спектроскопии ядерного квадрупольного резонанса и принципом действия импульсного ЯКР-релаксометра. Методы измерения частот ЯКР, градиента напряженности локального электрического поля в кристаллах, времен квадрупольной релаксации.

Когерентная оптика. Интерферометр Маха-Цендера

Лабораторная работа 6.

Ознакомление с устройством и характеристиками полупроводникового инжекционного лазера и интерферометра Маха-Цендера. Приобретение опыта оптических измерений.

Итоговая аттестация по дисциплине

Итоговая оценка выставляется по результатам текущего контроля, прохождения лабораторного практикума в полном объеме и ответа на контрольные вопросы.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Штыков В. В. Квантовая радиофизика: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Радиотехника" специальности 210301 "Радиофизика и электроника"/В. В. Штыков.-Москва: Академия, 2009, ISBN 978-5-7695-5311-0.-3341.-Библиогр.: с. 331-332
2. Шангина, Л. И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Л. И. Шангина. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 301 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13939>
3. Куприянова, Г. С. Практическая квантовая радиофизика : учебное пособие / Г. С. Куприянова. — Калининград : Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2008. — 128 с. — ISBN 978-5-88874-855-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/23868>

Дополнительная:

1. Дудкин В. И., Пахомов Л. Н. Квантовая электроника. Приборы и их применение: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140400 - "Техническая физика"/В. И. Дудкин, Л. Н. Пахомов.-Москва: Техносфера, 2006, ISBN 5-94836-076-8.-432.-Библиогр.: с. 430-432
2. Бакланов, Е. В. Основы лазерной физики : учебник / Е. В. Бакланов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 131 с. — ISBN 978-5-7782-3368-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/91727.html>
3. Чижик В. И. Ядерная магнитная релаксация: учебное пособие/В. И. Чижик.-Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2004, ISBN 5-288-03406-0.-388.-Библиогр.: с. 362-385
4. Практикум по магнитному резонансу: учебное пособие/Санкт-Петербургский государственный университет.-Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2003, ISBN 5-288-02471-5.-184.
5. Воронов В. К., Сагдеев Р. З. Основы магнитного резонанса: учебное пособие для вузов/В. К. Воронов, Р. З. Сагдеев.-Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1995, ISBN 5-7424-0711-4.-352.
6. Квантовая радиофизика: учебное пособие/П. М. Бородин [и др.] ; ред. В. И. Чижик.-Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2004, ISBN 5-288-02255-0.-689.-Библиогр.: с. 684-688

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

- : <http://www.iprbookshop.ru/13939.html> Шангина Л.И. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ — Томск: Томский государственный университет
- <http://www.iprbookshop.ru/23868.html> Куприянова Г.С. Практическая квантовая радиофизика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ — Калининград: Балтийский федеральный у
- <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/ustyniuk-nmr-lectures/> Ядерный магнитный резонанс
- http://lib.sernam.ru/book_magr.php?id=12 Ядерный магнитный резонанс
- <http://www.studfiles.ru/preview/5881052/page:3> Лазеры
- http://cordon.in.ua/content/ruby_laser.php Лазеры
- <http://laserphysics.narod.ru/active.html> Лазеры
- http://edu.sernam.ru/lect_qe.php?id=15 Лазеры
- http://online.mephi.ru/courses/physics/atomic_physics/data/course/6/6.3.html Нелинейная оптика

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Квантовая радиофизика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет приложений «LibreOffice».

Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru/>

Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>

Федеральный портал «Российское образование»: <http://www.edu.ru/>

Электронно-библиотечная система IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотека ПГНИУ. ELiS: <http://in.psu.ru/elis/>

Библиотека ПГНИУ BiblioTex: <https://psu.bibliotech.ru/Account/LogOn>

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Групповые (индивидуальные) консультации, мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук), а также меловой (и) или маркерной доской

Аудитория для лабораторных занятий. Лабораторные занятия проводятся в лаборатории квантовой

радиофизики.

Учебные места лаборатории квантовой радиофизики:

1. Стационарный спектрометр ядерного магнитного резонанса
2. Импульсный спектрометр-релаксометр ядерного ферромагнитного резонанса
3. Портативный релаксометр ЯМР 08/РС
4. Импульсный спектрометр-релаксометр ядерного квадрупольного резонанса
5. Спектрометр электронного парамагнитного резонанса ER-9
6. Полупроводниковый лазер и интерферометр Маха-Цендера
7. Измеритель магнитной индукции Ш1-9

Техническое оснащение лабораторного практикума обеспечивает получение практических навыков в работе с научными приборами, освоение методов экспериментального исследования физических явлений и процессов.

Техническое оснащение лаборатории квантовой радиофизики представлено в паспорте лаборатории.

Аудитория для самостоятельной работы.

Помещения библиотеки: персональные компьютеры с доступом к локальной и глобальной сетям и лаборатории Квантовой радиофизики

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Квантовая радиофизика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.5

Способен использовать современную радиоэлектронную и оптическую аппаратуру и оборудование в научно-исследовательской деятельности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.5.1 Использует в ходе экспериментов основные методы радиофизических измерений</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - процессы спонтанного и индуцированного излучения; - методы создания инверсной заселенности уровней; - физические основы резонансного взаимодействия когерентного излучения с веществом; - релаксационные явления и основные механизмы уширения спектральных линий; - основы электронного магнитного резонанса; - стационарные методы регистрации спектров. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пользоваться современной научно-технической информацией, необходимой для радиофизических измерений; - пользоваться основными измерительными приборами, используемыми в квантовой электронике, - освоить основные методы радиоспектроскопии и их применение для изучения физико-химического состояния вещества; - использовать и корректно интерпретировать полученные в результате радиофизических измерений данные; 	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если материал либо полностью не изучен, либо есть разделы в которых студент полностью не разбирается.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - процессов спонтанного и индуцированного излучения; - методов создания инверсной заселенности уровней; - физических основ резонансного взаимодействия когерентного излучения с веществом; - релаксационных явлений и основных механизмов уширения спектральных линий; - основ электронного парамагнитного резонанса; - стационарного метода регистрации спектров. <p>Частично сформированное умение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пользоваться современной научно-технической информацией, необходимой для радиофизических измерений; - пользоваться основными измерительными приборами, используемыми в квантовой электронике, - освоить основные методы радиоспектроскопии и их применение для изучения физико-химического состояния вещества; - использовать и корректно интерпретировать полученные в результате радиофизических измерений данные;

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - терминологией и научно-технической литературой в области квантовой радиофизики и электроники; - навыками работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой, используемыми в квантовой электронике; - навыками проведения физического эксперимента. 	<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Частичное применение навыков:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использования терминологии и научно-технической литературы в области квантовой радиофизики и электроники; - работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой, используемой в квантовой электронике; - проведения физического эксперимента. <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - процессов спонтанного и индуцированного излучения; - методов создания инверсной заселенности уровней; - физических основ резонансного взаимодействия когерентного излучения с веществом; - релаксационных явлений и основных механизмов уширения спектральных линий; - основ электронного парамагнитного резонанса; - стационарного метода регистрации спектров. <p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пользоваться современной научно-технической информацией, необходимой для радиофизических измерений; - пользоваться основными измерительными приборами, используемыми в квантовой электронике, - освоить основные методы радиоспектроскопии и их применение для изучения физико-химического состояния вещества; - использовать и корректно интерпретировать полученные в результате радиофизических измерений данные; <p>Владение навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использования терминологии и научно-

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>технической литературы в области квантовой радиофизики и электроники; - работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой, используемой в квантовой электронике; - проведения физического эксперимента.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания: - процессов спонтанного и индуцированного излучения; - методов создания инверсной заселенности уровней; - физических основ резонансного взаимодействия когерентного излучения с веществом; - релаксационных явлений и основных механизмов уширения спектральных линий; - основ электронного парамагнитного резонанса; - стационарного метода регистрации спектров.</p> <p>Сформированное умение: - пользоваться современной научно-технической информацией, необходимой для радиофизических измерений; - пользоваться основными измерительными приборами, используемыми в квантовой электронике, - освоить основные методы радиоспектроскопии и их применение для изучения физико-химического состояния вещества; - использовать и корректно интерпретировать полученные в результате радиофизических измерений данные;</p> <p>Успешное применение навыков: - использования терминологии и научно-технической литературы в области квантовой радиофизики и электроники; - работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой,</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично используемой в квантовой электронике; - проведения физического эксперимента.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Излучение и поглощение электромагнитных волн веществом. Входное тестирование	Проверка готовности студентов к освоению дисциплины «Квантовая радиофизика». Входной контроль необходимого минимума остаточных знаний по разделам курса общей физики, включая разделы атомной и ядерной физики, радиоэлектроники, квантовой механики. Доля правильных ответов на вопросы Входного тестирования. Количество баллов устанавливается равным проценту правильных ответов
ПК.5.1 Использует в ходе экспериментов основные методы радиофизических измерений	Электронный парамагнитный резонанс Защищаемое контрольное мероприятие	Балльной оценке подлежит защита отчета по выполненной лабораторной работе «Электронный парамагнитный резонанс». Минимальный (проходной) балл выставляется в случае, если студент справился с выполнением лабораторной работы, отчет составлен в соответствии с правилами, но содержит ряд не принципиальных погрешностей, студент допускает не принципиальные погрешности и неточности в ответе на теоретические вопросы по теме контролируемого раздела программы.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.5.1 Использует в ходе экспериментов основные методы радиофизических измерений</p>	<p>Ядерный магнитный резонанс. Стационарный метод. Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Балльной оценке подлежат результаты защиты отчетов по выполненным лабораторным работам «Ядерный магнитный резонанс. Стационарный метод», «Ядерный магнитный резонанс в ферромагнетиках», «Ядерный магнитный резонанс. Импульсные методы», «Ядерный квадрупольный резонанс», «Когерентная оптика. Интерферометр Маха-Цендера».</p> <p>Минимальный (проходной) балл выставляется в случае, если студент справился с выполнением лабораторных работ, отчеты составлены в соответствии с правилами, но содержит ряд не принципиальных погрешностей, студент допускает не принципиальные погрешности и неточности в ответах на теоретические вопросы по теме контролируемого раздела программы.</p>
<p>ПК.5.1 Использует в ходе экспериментов основные методы радиофизических измерений</p>	<p>Итоговая аттестация по дисциплине Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Для выставления проходного балла (оценки «зачтено») необходимо, чтобы студент показал знание основного материала в объеме, предусмотренном программой, в ответах на теоретические вопросы допускал не принципиальные погрешности, владел терминологией предмета, был знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины,</p> <p>Проходной балл (оценка «зачтено») не выставляется, если материал либо полностью не изучен, либо есть разделы, в которых студент полностью не разбирается.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Излучение и поглощение электромагнитных волн веществом.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
При тестировании допущено менее 10% ошибок	81
При тестировании допущено менее 30% ошибок	61
При тестировании допущено менее 50% ошибок	41
При тестировании допущено более 50% ошибок	0

Электронный парамагнитный резонанс

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
при защите отчета показано знание теоретического материала в объеме, предусмотренном разделом программы	15
студент проявил необходимые навыки и умения работы с научной аппаратурой и проведения физического эксперимента	4
отчет выполнен аккуратно, содержит все необходимые пункты	4
результаты проведенных измерений содержат погрешности в пределах точности используемых приборов	3
выполнен расчет с соблюдением правил операций с приближенными числами и получены правильные значения искоемых физических величин	2
правильно написаны физические уравнения с указанием выбранной системы единиц	2

Ядерный магнитный резонанс. Стационарный метод.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
при защите отчета показано знание теоретического материала в объеме, предусмотренном разделом программы	15
студент проявил необходимые навыки и умения работы с научной аппаратурой и проведения физического эксперимента	4
отчет выполнен аккуратно, содержит все необходимые пункты	4
результаты проведенных измерений содержат погрешности в пределах точности используемых приборов	3
выполнен расчет с соблюдением правил операций с приближенными числами и получены правильные значения искоемых физических величин	2
правильно написаны физические уравнения с указанием выбранной системы единиц,	2

Итоговая аттестация по дисциплине

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
полнота, развернутость ответа на теоретические вопросы (наличие определений, формул, выводов формул, схем, примеров, поясняющих ответ)	20
знакомство с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины	8
владение математическим аппаратом	8
владение терминологией предмета	4