

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

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

Рабочая программа дисциплины
КВАНТОВАЯ РАДИОФИЗИКА
Код УМК 60412

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

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: **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.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

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 компьютерами 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.1

способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|---|---|---|
| <p>ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</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.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования | 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.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</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.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</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, выставляемый 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, выставляемый 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 искомых 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, выставляемый 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 искомых 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 |