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
_____ Д.А. Таюрский
"19" _____ 2020 г.

Программа дисциплины (модуля)
Техника современного спектроскопического эксперимента

Направление подготовки / специальность: 03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль) подготовки / специализация: Теоретическая физика
Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь
Форма обучения: очная
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

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

12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

13. Приложение №1. Фонд оценочных средств

14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины (модуля) разработал(а)(и) доцент, к.ф.-м.н. (доцент) Орлинский С.Б. (кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Институт физики); заведующий кафедрой, д.ф.-м.н. (профессор) Скирда В.Д. (кафедра физики молекулярных система, Институт физики), Vladimir.Skirda@kpfu.ru; доцент, д.ф.-м.н. (доцент) Харинцев С.С. (кафедра оптики и нанофотоники, Институт физики), skharint@gmail.com; директор, к.ф.-м.н. (доцент) Никитин С.И. Sergey.Nikitin@kpfu.ru; доцент, к.ф.-м.н. (доцент) Вагизов Ф.Г. (кафедра физики твердого тела) vagizovf@gmail.com.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
УК-1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.
УК-5	Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-1	Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-2	Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области теоретической физики
ПК-3	Способность планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- физические основы ЭПР, основы экспериментальных методов ЭПР спектроскопии, принципы работы элементов техники ЭПР, теоретические основы математической обработки и моделирования ЭПР спектров;
- физические основы явления и техники ЯМР, особенности техники градиентного ЯМР и области ее применения, особенности методик градиентного ЯМР в применении к исследованиям сложных молекулярных систем;
- природу оптических спектров, виды источников оптического излучения и характеристики приемников излучения, типы светофильтров, призменные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры, принципы фурье-спектроскопии;

-теорию и принципы, на базе которых проводятся экспериментальные исследования быстропротекающих процессов методами лазерной спектроскопии;

- физические основы ядерного гамма-резонанса, основы экспериментальных методов гамма-резонансной спектроскопии, принципы работы элементов техники гамма-резонансной спектроскопии, теоретические основы математической обработки и моделирования гамма-резонансных спектров.

Должен уметь:

- формулировать задачи на научные исследования с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР;

-проводить научные исследования с помощью современного спектроскопического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;

- должен уметь формулировать задачи, решение которых требует лазерной техники с фемтосекундной длительностью импульса;

- проводить научные исследования с помощью современной техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом.

Должен владеть:

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области электронного парамагнитного резонанса;

- методологией ядерного магнитного резонанса в целом, а также особенностями требований и методик в ЯМР высокого разрешения, ЯМР релаксации и градиентном ЯМР, включая ЯМР томографию;

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области оптики и спектроскопии;

- навыками проведения экспериментов в области лазерной спектроскопии, направленных на решение конкретных научных и технологических задач;

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области ядерного гамма-резонанса.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- интерпретировать результаты экспериментальных резонансных исследований, применять знания в аналитических целях и научно-исследовательской работе;

- понимать многообразие и особенности техники, а также методик измерения по основным направлениям развития методов ЯМР;- понимать виды решаемых задач для разных направлений ЯМР, понимать особенности задач градиентного ЯМР;

- интерпретировать результаты спектроскопического эксперимента, применять знания в аналитических целях и научной работе;

- интерпретировать результаты экспериментальных гамма-резонансных исследований, применять знания в аналитических целях и научно-исследовательской работе.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) входит в Блок «Б1.В.ДВ Дисциплины по выбору» основной профессиональной образовательной программы 03.06.01 Физика и астрономия, Теоретическая физика.

Осваивается на 2 курсе в 4 семестре(ах).

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 36 часов, в том числе лекции - 18 часов, практические занятия - 18 часов, лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа –72 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 4 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины (модуля)	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Техника ЭПР спектроскопии	4	3	3	0	12
2.	Тема 2. Техника ЯМР спектроскопии и градиентного ЯМР	4	3	3	0	12
3.	Тема 3. Особенности методик градиентного ЯМР	4	3	3	0	12
4.	Тема 4. Техника оптической спектроскопии	4	3	3	0	12
5.	Тема 5. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия	4	3	3	0	12
6.	Тема 6. Техника ЯГР спектроскопии	4	3	3	0	12
	Итого		18	18	0	72

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Техника ЭПР спектроскопии

лекционное занятие (3 часа(ов)):

ЭПР основные принципы. Квантово-механический формализм. Спектрометры ЭПР. Основные узлы и комплектующие. Современное состояние в технике ЭПР. Оптимизация конфигурации ЭПР спектрометра. Блок – схема ЭПР спектрометра. Основные импульсные последовательности. Резонаторы для ЭПР спектрометров.

Полупроводниковые нанокристаллы. Квантовое ограничение. Зависимость g- фактора мелкого донора от размеров нанокристалла. Зависимость плотности волновой функции мелкого донора от размеров нанокристалла. Динамическая поляризация ядер. Монокристаллы ZnO. Нанокристаллы ZnO. ЭПР в биологических объектах. Основные типы парамагнитных центров.

Практическое занятие (3 часа):

Практическое знакомство с устройством современного ЭПР-спектрометра BRUKER 580/680. Регистрация и интерпретация ЭПР спектров образцов, предложенных преподавателем.

Тема 2. Техника ЯМР спектроскопии и градиентного ЯМР

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Явление ЯМР. Особенности требований и техники ЯМР по направлениям ЯМР. Решаемые задачи в ЯМР по основным направлениям развития метода. Требования к объектам исследования. Измеряемые параметры и проблемы интерпретации данных. Необходимость проведения многопараметрических исследований как залог достижения корректной интерпретации результатов измерений.

Практическое занятие (3 часа(ов)):

Практическое знакомство с установками ЯМР, обеспечивающими функции ЯМР релаксометрии, ЯМР высокого разрешения, ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля (градиентный ЯМР) и ЯМР томографии. Демонстрации эксперимента по исследованию образца на одном из перечисленных видов установок ЯМР.

Тема 3. Особенности методик градиентного ЯМР

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Состав и особенности техники градиентного ЯМР. Требования к блокам импульсного градиента и градиентным катушкам. Современные методики градиентного ЯМР в исследованиях сложных молекулярных систем, включая компартментные. Основные закономерности, описывающие процессы самодиффузии в полимерных и пористых системах. Особенности информации, извлекаемой из изучения процессов самодиффузии молекул в нанопористых объектах. Градиентный ЯМР как основа ЯМР томографии. Связь пространственного разрешения с параметрами градиентных систем аппаратуры ЯМР. Методики диффузионного взвешивания спектров ЯМР, влияние времен релаксации на измерения коэффициентов самодиффузии в многокомпонентных системах, явления обмена.

Практическое занятие (3 часа(ов)):

Проведение практических занятий по исследованию процессов самодиффузии в простом и сложном объектах, предложенных преподавателем. Обработка результатов измерений и их анализ, а также анализ правильности и достаточности выбранных обучающимся методик измерения.

Тема 4. Техника оптической спектроскопии

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Источники оптического излучения. Оптические материалы. Характеристики приемников излучения. Светофильтры, призменные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Особенности аппаратуры для инфракрасной области спектра. Приборы с интерференционной и растровой селективной модуляцией светового потока. Преимущества фурье-спектроскопии. Непрерывно действующие автоматические анализаторы.

Практическое занятие (3 часа(ов)):

Практическое знакомство с устройством современного ИК-фурье-спектрометра Frontier и спектрофотометра для видимой и УФ области Lambda 35. Регистрация и интерпретация оптических спектров образцов, предложенных преподавателем.

Тема 5. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия.

Лекционное занятие (3 часа(ов)):

Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ.

Практическое занятие (3 часа):

Примеры быстропротекающих процессов в физике конденсированного состояния, физике атомов и молекул, биофизике, представляющих значительный интерес. Метод накачки-зондирования для исследования быстропротекающих процессов. Временное разрешение метода. Многоимпульсные последовательности. Исследования когерентных процессов.

Тема 6. Техника ЯГР спектроскопии

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Основы ядерного гамма резонанса, эффект Мессбауэра. Экспериментальные методы гамма-резонансной спектроскопии, схемы регистрации гамма-резонансного спектра. Блок

схема мессбауэровского спектрометра. Источники мессбауэровского излучения. Детекторы гамма излучения, спектрометрический тракт. Система допплеровской модуляции энергии источника гамма излучения, синхронизация работы движителя и блока накопления. Техника низко- и высокотемпературных измерений. Измерение гамма-резонансных спектров в сильных магнитных полях и высоких давлениях. Основы математической обработки/фитинга экспериментальных мессбауэровских спектров.

Практическое занятие (3 часа): Ознакомление с устройством современного мессбауэровского спектрометра фирмы Wissel (Germany) и спектрометром СМ1201 (Санкт-Петербург). Регистрация, математическая обработка и интерпретация гамма-резонансных спектров образцов, предложенных преподавателем.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины (модуля), так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине (модулю).

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

- Федеральный закон Российской Федерации «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ (с изменениями и дополнениями) ;
- Приказ Минобрнауки России от 19 ноября .2013 г. № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Иные нормативные правовые акты, регламентирующие общественные отношения в сфере образования;
- Устав ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
- иные локальные нормативные акты КФУ.

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

– соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);

– критерии оценивания сформированности компетенций;

– механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);

– описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;

– критерии оценивания для каждого оценочного средства;

– содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

– в электронном виде – через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

– в печатном виде – в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе «Электронный университет». При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину (модуль).

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины (модуля). Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Поисковая система Scopus . - http://www.scopus.com/home.url
2. American Institute of Physics (AIP) - http://scitation.aip.org/
3. Научная электронная библиотека - http://www.elibrary.ru
4. Программа Easyspin - http://www.easyspin.org/
5. Сайт издателя Elsevier - http://elsevierscience.ru/
6. Сайт фирмы Брукер - http://www.bruker-biospin.de
7. ЭБС ZNANIUM.COM - http://znanium.com/
8. ЭБС Издательства "Лань" - http://lanbook.com/
9. Портал «Mossbauer Effect» - http://www.mossbauer.info

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Преподавание дисциплины как в форме лекционных, так и практических занятий в сочетании с интенсивной самостоятельной работой аспирантов. Лекции проводятся посредством метода устного изложения с элементами проблематизации учебной информации и обсуждения практических ситуаций. В лекционном курсе основной акцент делается на теоретические проблемы высшей школы. В процессе лекций преподаватель организует фронтальную

Вид работ	Методические рекомендации
	работу аудитории по активному обсуждению учебного материала. В процессе лекции аспирант должен усвоить и законспектировать название темы, учебных вопросов и основные блоки теоретического материала, то есть, сделанные преподавателем теоретические посылки (гипотезы), их аргументацию и выводы. В случае, если какое-либо положение не совсем понятно аспиранту или представляется недостаточно убедительным, целесообразно задавать преподавателю уточняющие вопросы. Наличие у аспиранта конспекта лекции обязательно. Материалы лекции являются основой для подготовки к практическим занятиям. Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют аспиранта, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы программы учебного курса, и с какой глубиной раскрыты в данном учебном материале, а какие вообще опущены. Освоение дисциплины предполагает следующие направления работы: - изучение понятийного аппарата дисциплины; - изучение тем самостоятельной подготовки по учебно-тематическому плану; - работу над основной и дополнительной литературой; - работу над нормативными актами и статьями ведущих педагогов; - изучение вопросов для самоконтроля (самопроверки); - самоподготовка к практическим и другим видам занятий; - самостоятельная работа аспиранта при подготовке к экзамену; - самостоятельная работа аспиранта в библиотеке; - изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет. Требуется творческое отношение и к самой программе учебного курса. Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера. Все эти вопросы не составляют сути, понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем. Проработка лекционного курса является одной из важных активных форм самостоятельной работы. Лекция преподавателя не является озвученным учебником, а представляет плод его индивидуального творчества. Он читает свой авторский курс со своей логикой со своими теоретическими и методическими подходами. Это делает лекционный курс конкретного преподавателя индивидуально-личностным событием, которым вряд ли аспиранту стоит пренебрегать. Кроме того, в своих лекциях преподаватель стремится преодолеть многие недостатки, присущие опубликованным учебникам, учебным пособиям, лекционным курсам. Количество часов, отведенных для лекционного курса, не позволяет реализовать в лекциях всей учебной программы. Исходя из этого, каждый лектор создает свою тематику лекций, которую в устной или письменной форме представляет аспирантам при первой встрече. В создании своего авторского лекционного курса преподаватель

Вид работ	Методические рекомендации
	руководствуется двумя документами - Федеральным государственным образовательным стандартом и учебной программой. Совершенно недостаточно только слушать лекции. Аспиранту важно понять, что лекция есть своеобразная творческая форма самостоятельной работы. Надо пытаться стать 2 активным соучастником лекции: думать, сравнивать известное с вновь получаемыми знаниями, войти в логику изложения материала лектором, по возможности вступать с ним в мысленную полемику. Во время лекции можно задать лектору вопрос. Вопросы можно задать и во время перерыва (письменно или устно), а также после лекции или перед началом очередной. Лектор найдет формы и способы реагирования на вопросы аспирантов.
практические занятия	Практическое занятие - важная и обязательная форма учебного процесса, которая является дополнением к лекционной форме обучения и ее углублением. На семинары выносятся наиболее важные и сложные вопросы курса, для обсуждения которых требуется специальная подготовка аспиранта с использованием рекомендуемой учебной литературы и лекций. Специфика семинаров по данному курсу состоит в том, что они включают основную форму работы- теоретическую, в виде устного или письменного обсуждения поставленных вопросов; Подготовку к семинарскому занятию следует вести в следующем порядке: 1. Внимательно ознакомиться с планом семинара по заданной теме: с основными вопросами, затем - с вопросами для обсуждения. 2. Прочитать конспект лекции по теме семинарского занятия, отмечая материал, необходимый для изучения поставленных вопросов. 3. Обратиться к рекомендуемой учебной литературе по данной теме: в первую очередь – к основной, при необходимости углубленного изучения - к дополнительной. 4. Уделить особое внимание основным понятиям изучаемой темы, владение которыми способствует эффективному усвоению курса. 5. Осмыслить имеющиеся в данной теме формулы, которые используются для выполнения необходимых расчетов. 6. В процессе изучения темы следует подготовить тезисы или мини-конспект в тетради для практических занятий. Особенно это касается вопросов, предназначенных для самостоятельного изучения. Эти записи могут быть использованы на семинаре как подсказка при публичном выступлении, а также для работы «на месте» при подготовке к зачету. Требования к качеству подготовки аспирантов к семинарским занятиям 1. Подготовка к семинару является обязательной частью работы аспиранта и производится по всем вопросам темы, указанным в плане занятия, а не выборочно по отдельным вопросам. Сплошная подготовка способствует полноценному освоению темы и эффективной работе семинара. 2. Работа аспиранта на семинаре предполагает его высокую активность и соответствие следующим требованиям при публичном

Вид работ	Методические рекомендации
	выступлении: а) свободное устное воспроизведение подготовленного выступления по вопросам с использованием мини-конспектов в качестве вспомогательного средства. б) готовность и умение отвечать на вопросы и делать выводы из сказанного; в) владение терминологией курса «История и философия науки» г) временной регламент выступления 7-10 минут. 3. После завершения изучения курса аспирант должен владеть основными концепциями курса и использовать их для обсуждения вопросов Педагогики высшей школы.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа аспирантов по курсу призвана не только закреплять и углублять знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у них творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время. На первом этапе аспирант планирует свою самостоятельную работу, которая включает: - уяснение задания на самостоятельную работу; - подбор рекомендованной литературы; - составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки. Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе. Второй этап включает непосредственную подготовку обучающегося к занятиям. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы аспирант должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать работу следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. На занятиях аспиранты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по темам занятий, раскрывают и объясняют основные положения публичного выступления. В процессе творческого обсуждения и дискуссии вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода ораторской деятельности. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы аспирантов. Они помогают понять построение изучаемого

Вид работ	Методические рекомендации
	материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у аспиранта, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе. Аспиранту важно развивать умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал. Большое значение имеет совершенствование навыков конспектирования. Преподаватель может рекомендовать аспирантам следующие основные формы записи: план (простой и развернутый), выписки, тезисы. Результаты конспектирования могут быть представлены в различных формах. План – это схема прочитанного материала, краткий (или подробный) перечень вопросов, отражающих структуру и последовательность материала. Подробно составленный план вполне заменяет конспект. Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника. Различаются четыре типа конспектов: - План-конспект – это развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении. - Текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника. - Свободный конспект – это четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом. - Тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает более или менее исчерпывающий ответ по какой-то схеме (вопросу). При выполнении самостоятельной работы аспиранту необходимо прочитать теоретический материал не только в учебниках и учебных пособиях, указанных в библиографических списках, но и познакомиться с публикациями в периодических изданиях. Все виды самостоятельной работы и планируемые на их выполнение затраты времени в часах исходят из того, что обучающийся достаточно активно работал в аудитории, слушая лекции и изучая материал на семинарских занятиях. По всем недостаточно понятым вопросам он своевременно получил информацию на консультациях. В случае пропуска лекций и семинарских занятий аспиранту потребуется сверхнормативное время на освоение пропущенного материала.
презентация	Аспиранты выполняют презентацию с применением необходимых программных средств, решая в презентации, поставленные преподавателем задачи. Обучающийся выступает с презентацией на занятии и сдаёт её в электронном виде преподавателю. Электронный

Вид работ	Методические рекомендации
	формат изготовления работы MSPowerPoint. Оцениваются владение материалом по теме презентации, логичность, информативность, способы представления информации, решение поставленных задач. Рекомендации по созданию презентации Общие требования к презентации: - Презентация не должна быть меньше 10 слайдов. Первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название проекта; название выпускающей организации; фамилия, имя, отчество автора; его должность. - Следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) урока-презентации. Желательно, чтобы из содержания по гиперссылке можно перейти на необходимую страницу и вернуться вновь на содержание. - Дизайн-эргономические требования: сочетаемость цветов, ограниченное количество объектов на слайде, цвет текста. - последними слайдами урока-презентации должны быть глоссарий и список литературы.
Зачет	Зачет проводится в два этапа: на первом этапе аспиранты представляют выполненные ими проекты в электронном формате; на втором - проходит открытая защита выполненного проекта. Кроме того, здесь предусматриваются дополнительные (один-два) вопроса преподавателя по дисциплине.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ:

Компьютерный класс, а также помещение для самостоятельной работы. Помещение с доступом в Интернет и ЭИОС КФУ

Оборудование:

Комплект мебели (посадочных мест), комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя 1 шт.

Компьютеры: 12 шт.

Меловая доска;

- учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья):

Лаборатория, оснащенная специализированным оборудованием и расходным материалом. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного, лабораторного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещение для курсового проектирования. Помещение для самостоятельной работы с доступом в ЭИОС КФУ и с возможностью подключения к сети "Интернет".

Оборудование:

Комплект мебели (посадочных мест для выполнения практикумов) 8 шт., комплект мебели (посадочных мест для лекционных занятий) 24 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя 1 шт. Меловая доска 1 шт. Экран для мультимедийного оборудования 1 шт. Компьютер 1 шт. Оборудование для выполнения лабораторных работ: 1. Стационарный ЯМР в твёрдых телах; 2. Импульсный ЯМР в твёрдых телах; 3. Измерение коэффициента пропускания света биологических растворов.

- компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов;

12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Приложение №1
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.01 Техника современного спектроскопического эксперимента

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

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
Б1.В.ДВ.01.01 – Техника современного спектроскопического эксперимента

Направление подготовки/специальность: 03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль) подготовки/ специализация: Теоретическая физика
Квалификация выпускника: Исследователь, преподаватель-исследователь
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. СООТВЕТСТВИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОК ЗА ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНУЮ АТТЕСТАЦИЮ

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА, ПОРЯДОК ИХ ПРИМЕНЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

4.1. Оценочные средства текущего контроля

4.1.1. Презентация

4.1.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания

4.1.1.2. Критерии оценивания

4.1.1.3. Содержание оценочного средства

4.2. Оценочные средства промежуточной аттестации

4.2.1. Зачет

4.2.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания

4.2.1.2. Критерии оценивания

4.2.1.3. Оценочные средства

1. Соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю)

Код и наименование компетенции	**Проверяемые результаты обучения для данной дисциплины**	**Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации**
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Знать особенности оптической спектроскопии и техники градиентного ЯМР. Уметь описать эксперимент по исследованию образца на одном из перечисленных видов установок – оптических спектрометров и ЯМР Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	**Текущий контроль:** Презентация **Промежуточная аттестация:** Зачет
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Знать физические основы оптической спектроскопии, ЭПР, основы экспериментальных методов спектроскопии, принципы работы элементов техники, теоретические основы математической обработки и моделирования спектров. Уметь формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР. Владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области оптической спектроскопии и электронного парамагнитного резонанса	**Текущий контроль:** Презентация **Промежуточная аттестация:** Зачет
ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и	Знать современные методы исследований в своей профессиональной области. Уметь формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов оптической спектроскопии, ЭПР и ЯМР. Владеть навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и	**Текущий контроль:** Презентация **Промежуточная аттестация:** Зачет

информационно-коммуникационных технологий	формулировки выводов.	
ПК-1 Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	Знать современное состояние науки в области оптики, физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях. Уметь представлять научные результаты по теме диссертационной работы для публикации их в рецензируемых научных изданиях. Владеть навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях.	**Текущий контроль:** Презентация **Промежуточная аттестация:** Зачет
ПК-2 Способности принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области теоретической физики	Знать физические основы современных методов исследования сложных физических процессов и объектов (материалов). Уметь проводить научные исследования с помощью современной оптической техники, техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом. Владеть систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.	**Текущий контроль:** Презентация **Промежуточная аттестация:** Зачет
ПК-3 Способности планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции	Знать основные требования нормативной документации по организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в своей профессиональной области. Уметь оформлять полученную информацию в виде реферата, аннотации, сообщения, доклада. Владеть некоторыми правилами составления методических	**Текущий контроль:** Презентация **Промежуточная аттестация:** Зачет

	документов при проведении исследовательских работ.	

2. Критерии оценивания сформированности компетенций

Компетенция	**Зачтено**			**Не зачтено**
	Высокий уровень (отлично)	**Средний уровень (хорошо)**	**Низкий уровень (удовлетворительно)**	**Ниже порогового уровня (неудовлетворительно)**
УК-1	Знает особенности оптической спектроскопии и техники градиентного ЯМР.	Знает достаточно хорошо особенности оптической спектроско-пии и техники гра-диентного ЯМР.	Недостаточно знает особенности опти-ческой спектроско-пии и техники гра-диентного ЯМР.	Не знает особенности оптической спектроскопии и техники градиентного ЯМР.
	Умеет описывать эксперимент по исследованию образца на одном из перечисленных видов установок – оптических спектрометров и ЯМР.	Умеет достаточно хорошо описывать эксперимент по исследованию образца на одном из пере-численных видов установок – оптиче-ских спектрометров и ЯМР.	Недостаточно умеет описывать эксперимент по исследованию образца на одном из пере-численных видов установок – оптиче-ских спектрометров и ЯМР.	Не умеет описывать эксперимент по исследованию образца на одном из перечисленных видов установок – оптических спектрометров и ЯМР.
	Владеет навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Владеет достаточно хорошо навыками критиче-ского анализа и оценки современ-ных научных до-стижений и резуль-татов деятельности по решению иссле-довательских и практических задач, в том числе в меж-дисциплинарных областях.	Недостаточно владее т навыками критиче-ского анализа и оценки современ-ных научных до-стижений и резуль-татов деятельности по решению иссле-довательских и практических задач, в том числе в меж-дисциплинарных областях.	Не владеет навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательски х и практических задач, в том числе в междисциплинарн ых областях.
УК-5	Знает физические основы оптической спектроскопии, ЭПР, основы экспериментальных методов спектроскопии, принципы работы элементов техники, теоретические	Знает достаточно хорошо физические основы оптической спектроскопии, ЭПР, основы экспериментальных методов спектроскопии, принципы работы элементов техники,	Недостаточно знает физические основы оптической спектроскопии, ЭПР, основы экспериментальных методов спектроскопии, принципы работы элементов техники,	Не знает физические основы оптической спектроскопии, ЭПР, основы экспериментальн ых методов спектроскопии, принципы работы

	основы математической обработки и моделирования спектров.	теоретические основы математической обработки и моделирования спектров.	теоретические основы математической обработки и моделирования спектров.	элементов техники, теоретические основы математической обработки и моделирования спектров.
	Умеет формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР.	Умеет достаточно хорошо формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР.	Недостаточно умеет формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР.	Не умеет формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР.
	Владеет методологией теоретических и экспериментальных исследований в области оптической спектроскопии и электронного парамагнитного резонанса.	Владеет достаточно хорошо методологией теоретических и экспериментальных исследований в области оптической спектроскопии и электронного парамагнитного резонанса.	Недостаточно владеет методологией теоретических и экспериментальных исследований в области оптической спектроскопии и электронного парамагнитного резонанса.	Не владеет методологией теоретических и экспериментальных исследований в области оптической спектроскопии и электронного парамагнитного резонанса
ОПК-1	Знает современные методы исследований в своей профессиональной области.	Знает достаточно хорошо современные методы исследований в своей профессиональной области.	Недостаточно знает современные методы исследований в своей профессиональной области.	Не знает современные методы исследований в своей профессиональной области.
	Умеет формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов оптической спектроскопии, ЭПР и ЯМР.	Умеет достаточно хорошо формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов оптической спектроскопии, ЭПР и	Недостаточно умеет формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов оптической спектроскопии, ЭПР и ЯМР.	Не умеет формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов оптической спектроскопии, ЭПР и ЯМР.

		ЯМР.		
	Владеет навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.	Владеет достаточно хорошо навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.	Недостаточно владеет навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.	Не владеет навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.
ПК-1	Знает современное состояние науки в области оптики, физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях.	Знает достаточно хорошо современное состояние науки в области оптики, физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях.	Недостаточно знает современное состояние науки в области оптики, физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях.	Не знает современное состояние науки в области оптики, физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях.
	Умеет представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.	Умеет достаточно хорошо представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.	Недостаточно умеет представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.	Не умеет представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях.
	Владеет навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях.	Владеет достаточно хорошо навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях.	Недостаточно владеет навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях.	Не владеет навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях.
ПК-2	Знает физические основы современных методов исследования сложных физических процессов и объектов	Знает достаточно хорошо физические основы современных методов исследования сложных физических процессов и объектов (материалов).	Недостаточно знает физические основы современных методов исследования сложных физических процессов и объектов	Не знает физические основы современных методов исследования сложных физических

	(материалов).		(материалов).	процессов и объектов (материалов).
	Умеет проводить научные исследования с помощью современной оптической техники, техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом.	Умеет достаточно хорошо проводить научные исследования с помощью современной оптической техники, техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом.	Недостаточно умеет проводить научные исследования с помощью современной оптической техники, техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом.	Не умеет проводить научные исследования с помощью современной оптической техники, техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом.
	Владеет систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.	Владеет достаточно хорошо систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.	Недостаточно владеет систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.	Не владеет систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в своей профессиональной области.
ПК-3	Знает основные требования нормативной документации по организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в своей профессиональной области.	Знает достаточно хорошо основные требования нормативной документации по организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в своей профессиональной	Недостаточно знает основные требования нормативной документации по организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в своей профессиональной	Не знает основные требования нормативной документации по организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в своей

		области.	области.	профессиональной области.
	Умеет оформлять полученную информацию в виде реферата, аннотации, сообщения, доклада.	Умеет достаточно хорошо оформлять полученную информацию в виде реферата, аннотации, сообщения, доклада.	Недостаточно умеет оформлять полученную информацию в виде реферата, аннотации, сообщения, доклада.	Не умеет оформлять полученную информацию в виде реферата, аннотации, сообщения, доклада.
	Владеет некоторыми правилами составления методических документов при проведении исследовательских работ.	Владеет достаточно хорошо некоторыми правилами составления методических документов при проведении исследовательских работ.	Недостаточно владеет некоторыми правилами составления методических документов при проведении исследовательских работ.	Не владеет некоторыми правилами составления методических документов при проведении исследовательских работ.

3. Распределение оценок за формы текущего контроля и промежуточную аттестацию

4 семестр:
Текущий контроль:
Презентация
Выполнение оценочного средства оценивается по шкале: зачтено, не зачтено.

Промежуточная аттестация – зачет
Тестирование – максимально число баллов 50

Зачет проводится в виде тестирования. Каждый вопрос оценивается в 2 балла. Максимальное количество баллов за тестирование - 50. Выполнение тестирования оценивается по шкале: зачтено – 25 и более балов за тестирование, не зачтено – менее 25 баллов за тестирование.

Общая оценка за промежуточную аттестацию представляет собой среднее значение между полученными оценками за оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

В случае невозможности установления среднего значения оценки за промежуточную аттестацию, итоговая оценка выставляется экзаменатором, исходя из принципа справедливости и беспристрастности на основании общего впечатления о качестве и добросовестности освоения обучающимся дисциплины (модуля).
Виды оценок:
Зачтено
Не зачтено

4. Оценочные средства, порядок их применения и критерии оценивания
4.1. Оценочные средства текущего контроля
4.1.1. Презентация
4.1.1.1. Порядок проведения.
Распределение баллов за формы текущего контроля:
Презентация (УК-1, ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3) – максимальное количество баллов 50

В ходе освоения дисциплины для лучшего освоения лекционного материала аспиранты готовят презентации по каждой из рассматриваемых тем и докладывают их на практических занятиях. Презентации готовятся в отведенное для самостоятельной работы время. Для докладов по этим презентациям используются современные технические возможности и современные программные презентационные средства (PowerPoint, Acrobat, OpenOfice, LaTeX (beamer)). Понимание аспирантами излагаемого материала проверяется путем общей дискуссии по теме презентации. Презентация оценивается в 50 баллов. Обучающиеся выполняют презентацию с применением необходимых программных средств, решая в презентации поставленные преподавателем задачи.

4.1.1.2. Критерии оценивания
Оценка «зачтено» ставится, если обучающийся:
Знает:
- физические основы ЭПР, основы экспериментальных методов ЭПР спектроскопии, принципы работы элементов техники ЭПР, теоретические основы математической обработки и моделирования ЭПР спектров;
- физические основы явления и техники ЯМР, особенности техники градиентного ЯМР и области ее применения, особенности методик градиентного ЯМР в применении к исследованиям сложных молекулярных систем;

- природу оптических спектров, виды источников оптического излучения и характеристики приемников излучения, типы светофильтров, призменные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры, принципы фурье-спектроскопии;

-теорию и принципы, на базе которых проводятся экспериментальные исследования быстропротекающих процессов методами лазерной спектроскопии;

- физические основы ядерного гамма-резонанса, основы экспериментальных методов гамма-резонансной спектроскопии, принципы работы элементов техники гамма-резонансной спектроскопии, теоретические основы математической обработки и моделирования гамма-резонансных спектров.

Оценка «не зачтено» ставится, если обучающийся:

Не знает:

- физические основы ЭПР, основы экспериментальных методов ЭПР спектроскопии, принципы работы элементов техники ЭПР, теоретические основы математической обработки и моделирования ЭПР спектров;

- физические основы явления и техники ЯМР, особенности техники градиентного ЯМР и области ее применения, особенности методик градиентного ЯМР в применении к исследованиям сложных молекулярных систем;

- природу оптических спектров, виды источников оптического излучения и характеристики приемников излучения, типы светофильтров, призменные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры, принципы фурье-спектроскопии;

-теорию и принципы, на базе которых проводятся экспериментальные исследования быстропротекающих процессов методами лазерной спектроскопии;

- физические основы ядерного гамма-резонанса, основы экспериментальных методов гамма-резонансной спектроскопии, принципы работы элементов техники гамма-резонансной спектроскопии, теоретические основы математической обработки и моделирования гамма-резонансных спектров.

4.1.1.3. Содержание оценочного средства

Лекционный и практический курс охватывает широкий диапазон современных методов спектроскопии конденсированного состояния, поэтому курс ведут несколько ведущих специалистов в каждом разделе спектроскопии. Практические занятия нацелены на приобретение навыков работы на самом современном спектроскопическом оборудовании Института физики.

На выбор аспиранту предлагаются темы для презентаций по темам:

Тема 1.Техника ЭПР спектроскопии

Типы спектрометров ЭПР. Современное состояние в технике ЭПР. Принципы оптимизация конфигурации ЭПР спектрометра при решении конкретных задач. Основные импульсные последовательности. Резонаторы для ЭПР спектрометров. Типы парамагнитных центров. Методика приготовления образцов для спектроскопического эксперимента.

Тема 2.Техника ЯМР спектроскопии и градиентного ЯМР

Основные направления ЯМР. Типы установок ЯМР и решаемые задачи.

Требования к магнитным системам ЯМР и современный достигнутый уровень.

Чувствительность и измеряемые параметры в ЯМР.

Многопараметричность ЯМР как достоинство метода и как недостаток.

Тема 3.Особенности методик градиентного ЯМР

Какие задачи решаются на основе градиентного ЯМР.

Состав и особенности техники градиентного ЯМР.

Особенности методик градиентного ЯМР в простых и сложных молекулярных системах.

Измеряемые характеристики трансляционной подвижности молекул в методе градиентного ЯМР есть число или функция?

Что общего между градиентным ЯМР и ЯМР томографией?

Как и почему характеристики пространственного разрешения аппаратуры ЯМР связаны с параметрами градиентных систем?…

Тема 4.Техника оптической спектроскопии

Источники оптического излучения. Оптические материалы. Виды светофильтров. Дифракционные спектрометры. Принципы фурье-спектроскопии. Преимущества фурье-спектрометров по сравнению с дифракционными и дисперсионными приборам. Схемы приборов с растровой селективной модуляцией светового потока. Методика приготовления образцов для спектроскопического эксперимента.

Тема 5.Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Пико- и фемтосекундная спектроскопия.

Исследования фотосинтеза методами пико- и фемтосекундной спектроскопии.

Исследования сверхпроводимости и волн зарядовой плотности методами фемтосекундной спектроскопии.

Когерентный контроль элементарных возбуждений.

Аттосекундные импульсы. Методы их генерации.

Исследование нелинейно-оптических процессов методами фемтосекундной спектроскопии.

Тема 6. Техника ЯГР спектроскопии

Экспериментальные методы гамма-резонансной спектроскопии, схемы регистрации гамма-резонансного спектра. Блок схема мессбауэровского спектрометра. Источники мессбауэровского излучения. Детекторы гамма излучения, спектрометрический тракт. Система допплеровской модуляции энергии источника гамма излучения, синхронизация работы движителя и блока накопления. Техника низко- и высокотемпературных измерений. Измерение гамма-резонансных спектров в сильных магнитных полях и высоких давлениях. Основы математической обработки/фитинга экспериментальных мессбауэровских спектров.

Дополнительные вопросы к презентациям.

1. Планирование ЭПР экспериментов.
2. Полупроводниковые нанокристаллы. Квантовое ограничение.
3. Идентификация центров методом ЭПР.
4. Квантовое ограничение. Зависимость g- фактора мелкого донора от размеров нанокристалла.
5. Квантовое ограничение. Зависимость плотности волновой функции мелкого донора от размеров нанокристалла.
6. Динамическая поляризация ядер.
7. ЭПР в биологических объектах. Основные типы парамагнитных центров.
8. Явление ЯМР. Основные блоки, необходимые для возбуждения и регистрации сигнала ЯМР. Блок-схема установки.
9. Многопараметричность ЯМР как достоинство метода и как недостаток.
10. Основные методики измерения времен спин-спиновой релаксации.
11. Форма диффузионного затухания и ее зависимость от временных интервалов последовательности в случае, осложненном не экспоненциальной ядерной магнитной релаксацией.
12. Основные импульсные последовательности, применяемые в исследованиях трансляционной подвижности.
13. Измеряемые характеристики трансляционной подвижности молекул в методе градиентного ЯМР как число и как функция.
14. Особенности процессов самодиффузии и измеряемых характеристик в пористых и нанопористых системах
15. Особенности аппаратуры, применяемой в ЯМР томографии.
16 Пространственный предел разрешения и определяющие его факторы.
17. Особенности аппаратуры в инфракрасной области спектра.
18. Основные преимущества фурье-спектрометров

19. Принципиальная схема фурье-спектрометра.
20. Особенности аппаратуры для дальней ИК области.
21. Принципы построения промышленных анализаторов.
22 .Характеристические частоты и структурно-групповой анализ.
23. Источники оптического излучения.
24. Характеристики приемников оптического излучения.
25. Оптические материалы.
26. Основные характеристики спектральных приборов.
20. Принципы построения лазерных систем ультракороткого диапазона. Генераторы ультракоротких импульсов (УКИ) с фиксированной длиной волны.
21. Перестраиваемые по частоте лазеры УКИ. Нелинейно-оптические компрессоры УКИ.
22. Методы измерения длительности фемтосекундных лазерных импульсов.
23. Метод накачки-зондирования для исследования быстропротекающих процессов.
24. Исследования когерентных процессов с применением фемтосекундных лазеров.
25. Экспериментальные методы гамма-резонансной спектроскопии.
26. Блок схема мессбауэровского спектрометра.
27. Источники мессбауэровского излучения.
28. Тракт регистрации резонансного гамма излучения.
29. Система допплеровской модуляции.
30. Техника мессбауэровских низкотемпературных измерений.
31. Техника мессбауэровских высокотемпературных измерений.
32. Мессбауэровские измерения при высоких давлениях.
33. Мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов.
34. Основы математической обработки экспериментальных мессбауэровских спектров.

4.2. Оценочные средства промежуточной аттестации

4.2.1. Зачет (тестирование)

4.2.1.1. Порядок проведения.

Зачет проводится в виде тестирования. В тесте 25 вопросов по всем темам, которые были освоены в этой дисциплине. Каждый вопрос оценивается в 2 балла. Максимальное количество баллов за тестирование - 50. Выполнение тестирования оценивается по шкале: зачтено – 25 и более балов за тестирование, не зачтено – менее 25 баллов за тестирование.

Общая оценка за промежуточную аттестацию представляет собой среднее значение между полученными оценками за оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

В случае невозможности установления среднего значения оценки за промежуточную аттестацию, итоговая оценка выставляется экзаменатором, исходя из принципа справедливости и беспристрастности на основании общего впечатления о качестве и добросовестности освоения обучающимся дисциплины (модуля).

4.2.1.2. Критерии оценивания.

Оценка «зачтено» ставится, если обучающийся:

Умеет:

формулировать задачи научных исследований с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР;

-проводить научные исследования с помощью современного спектроскопического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;

- должен уметь формулировать задачи, решение которых требует лазерной техники с фемтосекундной длительностью импульса;

- проводить научные исследования с помощью современной техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными

других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом.

Оценка «не зачтено» ставится, если обучающийся:

не умеет:

формулировать задачи на научные исследования с использованием широкого спектра современных специализированных и многофункциональных приборов ЯМР;

-проводить научные исследования с помощью современного спектроскопического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;

- должен уметь формулировать задачи, решение которых требует лазерной техники с фемтосекундной длительностью импульса;

- проводить научные исследования с помощью современной техники ядерного гамма резонанса, анализировать и сопоставлять полученные экспериментальные данные с данными других экспериментальных методов исследования, привлекая современные информационные технологии, развитые у нас в стране и за рубежом.

4.2.1.3. Оценочные средства.

Примерные вопросы для тестирования с правильными вариантами ответов:

1.Субволновое пространственное разрешение достигается с помощью
(Баллов: 2)
оптической линзы
дифракционной решетки
оптической наноантенны
имерсионной среды

2.В STED микроскопии латеральное пространственное разрешение определяется
(Баллов: 2)
оптической наноантенной
диафрагмой
числом фотонов, испущенных при вынужденной эмиссии
оптической линзой

3.Разрешенный свет - это
(Баллов: 2)
электромагнитные волны, регистрируемые детектором в дальнем поле
электромагнитные волны, с вещественными пространственными частотами
электромагнитные волны, с мнимыми пространственными частотами
электромагнитные волны, одна из пространственных частот которых является мнимой

4.Механизм гигансткого комбинационного рассеяния связан с
(Баллов: 2)
увеличением сечения неупругого рассеяния света
увеличением сечения упругого рассеяния света
усилением интенсивности рассеяния света
усилением мощности накачки падающего света

5.Интенсивность когерентного гигантского комбинационного рассеяния изменяется с расстоянием зонд-образец r^n для двумерных систем с показателем n
(Баллов: 2)
n = -12
n = -11

n = -10
n = -8

6. Ширина линии поглощения/рассеяния мессбауэровского фотона определяется
(Баллов: 2)
Энергией отдачи ядра при поглощении или испускании гамма-кванта
Взаимодействием ядра с электронной оболочкой
Временем жизни ядра в возбужденном состоянии
Энергией фотона

7.Изомерный сдвиг зависит от
(Баллов: 2)
Градиента электрического поля на ядре
Электрического квадрупольного момента ядра
Магнитного поля, создаваемого на ядре собственными электронами
Плотности электронов на ядре

8.Увеличение значения квадрупольного расщепления может быть следствием
(Баллов: 2)
Увеличения градиента электрического поля на ядре
Уменьшения градиента электрического поля на ядре
Увеличения плотности электронов на ядре
Уменьшения плотности электронов на ядре

9. Магнитное сверхтонкое взаимодействие – это
(Баллов: 2)
Взаимодействие атомного ядра с магнитным полем, создаваемым электронами
Взаимодействие нуклонов в ядре
Взаимодействие между электрическим квадрупольным моментом ядра и градиентом электрического поля
Взаимодействие между электрическим квадрупольным моментом ядра и внешним магнитным полем

10.Интенсивность мёссбауэровской линии и её площадь зависят от
(Баллов: 2)
среднеквадратической скорости испускающего или рассеивающего атома
среднеквадратического смещения испускающего или рассеивающего атома
электронной плотности на резонансном ядре
электрического квадрупольного момента ядра

11.Гиромагнитное отношение протона (ядра атома водорода) составляет 42,57 МГц/Тл. Вычислите частоту прецессии вектора макроскопической намагниченности протонов (ядер атома водорода) при различных напряженностях магнитного поля: А: при 1,5 Т; Б: при 1,0 Т; В: при 0,5 Т. Ответ в МГц .
(Баллов: 2)
• 63.86, 42.57, 21.28
• 0.68, 0.42, 0.21
• 3.86, 2.57,1.28
• 600.86, 280.57,100.28

12.Зачем при проведении МРТ используют контрастирующие вещества?
(Баллов: 2)

• Чтобы увеличить контрастность МР-изображения
• Чтобы повысить информативность МР диагностики, так как в большинстве случаев контрастирующие вещества вводят при исследовании доброкачественных и злокачественных новообразований в человеческих органах
• Чтобы границы различных органов и систем тела были более четкими

13.РЧ контур имеет резонансную частоту равную 64 МГц. Мы знаем, что емкость контура 50 пикофарад. Чему равна величина индуктивности РЧ контура в единицах Генри?
(Баллов: 2)
• 4,88 * 10^(-6)
• 1,88 * 10^(-6)
• 2,15 * 10^(-5)
• 3,5 * 10^(-3)

14.В человеческом организме ядра водорода встречаются преимущественно в двух типах окружения: вода (H_2O) и жир ($-CH_2^-$). Нам известно, что в магнитном поле томографа 1,5 Тл разница резонансных частот ЯМР-сигналов от этих двух типов ядер водорода приблизительно равна 220 Гц. Необходимо установить химический сдвиг в единицах м.д., между этими двумя типами ядер.
(Баллов: 2)
• 6,89
• 3,44
• 4,71
• 2,13

15.Выберите правильный вариант продолжения фразы «При прохождении тока в градиентной катушке напряженность B_0 изменяется ….»
(Баллов: 2)
• линейно, поэтому можно определить напряженность поля и частоту прецессии ядер атомов, расположенных вдоль оси градиента.
• нелинейно, поэтому можно определить напряженность поля и частоту прецессии ядер атомов, расположенных вдоль оси градиента.
• линейно, поэтому невозможно определить напряженность поля и частоту прецессии ядер атомов, расположенных вдоль оси градиента.
• квадратично, поэтому можно определить напряженность поля и частоту прецессии ядер атомов, расположенных вдоль оси градиента

16.В каком диапазоне частот работает ЭПР спектрометр X диапазона?
(Баллов: 2)
9-10 ГГц
95-110 ГГц
300-1000МГц
1-10МГц

17.g-фактор свободного электрона по модулю равен
(Баллов: 2)
2.0023
4.265
1.0
0.000558

18.Частота спектрометра ЭПР равна 9.5 ГГц, в каких магнитных полях будет наблюдаться линия спектра ЭПР с g-фактором 2.0?
(Баллов: 2)
от 320 до 350 мТл (мили Тесла)
от 640 до 700 мТл (мили Тесла)
от 160 до 175 мТл (мили Тесла)
от 1600 до 1750 мТл (мили Тесла)

19.Резонатор ЭПР спектрометра имеет собственную частоту колебаний 9.5 ГГц и добротность равную 190. После СВЧ импульса из-за свободных колебаний появляется звон резонатора спадающий по экспоненте с характерным временем tзвона. Длительность защитного импульса после СВЧ импульса выбирается как tзвона*10. Какова она будет?
(Баллов: 2)
200 нс
20 нс
2000 нс
2 нс

20.Исследуется линия с неоднородным уширением 10 мТл и g=2.0 . Используется модифицированная последовательность Хана для наблюдения электронного спинового эха из двух импульсов 2/3 пи с длительностями 36 нс с расстоянием между импульсами 240 нс. Электронные магнитные моменты в каком диапазоне магнитных полей будут давать существенный вклад в электронное спиновое эхо?
(Баллов: 2)
1.0 мТл
0.036 мТл
0.024 мТл
36 мТл

21.Какому условию наиболее полно отвечают продольные моды в оптическом резонаторе, образованном двумя плоскими зеркалами?
(Баллов: 2)
Целому числу длин волн.
Полуцелому числу длин волн.
Целому числу длин полуволн.
Нечетному числу длин волн.

22.Какое количество (по порядку величины) продольных мод плоскопараллельного оптического резонатора с оптической длиной 0.75 метра приходится на профиль усиления рубинового лазера шириной 1 нм с центральной длиной волны 694 нм?
(Баллов: 2)
Десятки
Сотни
Тысячи
Десятки тысяч

23.Пространственно-временная картина поля в резонаторе в режиме синхронизации мод образуется в результате:
(Баллов: 2)
Интерференции продольных мод на минимум в одной, сильно локализованной точке в резонаторе.
Сложения интенсивностей продольных мод без учета фазы.

Интерференции продольных мод на максимум в одной, сильно локализованной точке в резонаторе.
Дифракции на зеркалах, образующих резонатор.

24.Какое из нелинейных явлений лежит в основе самофокусировки?
(Баллов: 2)
Насыщение поглощения.
Насыщение усиления.
Параметрические процессы.
Зависимость показателя преломления среды вследствие кубической нелинейности.

25.Максимальное временное разрешение в исследовании быстропротекающих процессов методом накачки-зондирования требует:
(Баллов: 2)
Минимальной длительности импульса накачки.
Максимальной пиковой мощности импульса накачки.
Минимальной длительности импульса зондирования.
Минимальной длительности импульсов и накачки, и зондирования.

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.01 Техника современного спектроскопического эксперимента

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки/специальность: 03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль) подготовки/ специализация: Теоретическая физика
Квалификация выпускника: Исследователь, преподаватель-исследователь
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Основная литература:

1. Кульчин, Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем / Ю. Н. Кульчин. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 440 с. — ISBN 978-5-9221-1646-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/91158 (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Соболевский, Н. М. Метод Монте-Карло в задачах о взаимодействии частиц с веществом : учебное пособие / Н. М. Соболевский. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 208 с. — ISBN 978-5-9221-1723-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/104985 (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авториз. Пользователей
3. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — 3-е изд. (эл.). — Москва : Лаборатория знаний, 2015. — 296 с. — ISBN 978-5-9963-2960-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/70766 (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Федотов, М. А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости : монография / М. А. Федотов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 384 с. — ISBN 978-5-9221-1202-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2151 (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц : учебник / И. М. Капитонов. — 4-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 512 с. — ISBN 978-5-9221-1250-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2189 (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Мамин, Г.В. Использование программного модуля EasySpin в анализе спектров маг-нитного резонанса [Электронный ресурс]: Методическое пособие / Г.В. Мамин, С.Б. Орлин-ский, Н.И. Силкин, И.Н. Субачева, Р.В. Юсупов. 2014. Электронный образовательный ресурс. —— URL: http://old.kpfu.ru/f6/b_files/easyspin!417.pdf (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: открытый.
4. Аганов, А.В. Введение в медицинскую ядерную магнитно-резонансную томографию [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие / А.В. Аганов. 2013. Электронный образовательный ресурс. – URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F1671217290/A.V..Aganov.VVEDENIE.V.MEDICINSKUJu.YaDERNUJu.MAGNITNO._.REZONANSNUJu.TOMOGRAFIJu._Kaazan.2013_.pdf (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: открытый.

5. Савинков, А.В. Методические указания к лабораторным работам по курсу ядерный магнитный резонанс/.В. Савинков, Б.И. Гизатуллин(Казань - 2013) Электронный образовательный ресурс. –
URL: https://kpfu.ru/docs/F1599973435/Laboratornye.po.YaMR._.Savinkov_Gizatullin.pdf (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: открытый.
6. Харинцев, С.С. Плазмонная микроскопия высокого разрешения. [Электронный ресурс] Казанский Федеральный университет, 2015, 40 стр. – URL: http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06_47_000918.pdf (дата обращения: 24.04.2020). - Режим доступа: открытый.
7. Ивойлов, Н.Г. Введение в мессбауэровскую спектроскопию конверсионных электронов [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие / Н.Г. Ивойлов. Е.Н. Дулов. -Казань: Издательство Казанского федерального университета. 2012. - 45с: 13 илл. –
URL: http://kpfu.ru/docs/F2117844257/CEMS_release_LT7.pdf (дата обращения: 24.04.2020). — Режим доступа: открытый.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.01.01. Техника современного спектроскопического эксперимента

Перечень информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки/специальность: 03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль) подготовки/ специализация: Теоретическая физика
Квалификация выпускника: Исследователь, преподаватель-исследователь
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

1. Операционная система Microsoft Windows 7/8/10 Профессиональная.
2. Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365, или Microsoft office professional plus 2010
3. Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC
4. Браузер Mozilla Firefox
5. Браузер Google Chrome
6. Kaspersky Endpoint Security для Windows
7. Электронная библиотечная система «ZNANIUM.COM»
8. Электронная библиотечная система Издательства «Лань»
9. Электронная библиотечная система «Консультант студента»