|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»** | | | | | | | | |  |
|  |
|  |
|  |
|  | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  | | **УТВЕРЖДЕНО** | | |  |  |  |
|  |  |  |  | **и.о. директора физтех-школы физики и исследований им. Ландау** | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | **А.А. Воронов** | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **Рабочая программа дисциплины (модуля)** | | | | | | | | |  |
| **по дисциплине:** | | Физические основы квантовой информатики | | | | | | | |
| **по направлению:** | | Прикладные математика и физика | | | | | | | |
| **профиль подготовки:** | | Общая и прикладная физика | | | | | | | |
|  |  | Физтех-школа физики и исследований им. Ландау | | | | | | | |
|  | | кафедра лазерных систем и структурированных материалов | | | | | | | |
| **курс:** | | 1 | | | | | | |  |
| **квалификация:** | | магистр | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Аудиторных часов: 60 всего, в том числе: | | | | | |  | |  |  |
|  | лекции: 30 час. | | | | |  | |  |  |
|  | семинары: 30 час. | | | | |  | |  |  |
|  | лабораторные занятия: 0 час. | | | | |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Самостоятельная работа: 30 час. | | | | | |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2 | | | | | |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Программу составил: | | М.В. Федоров, д-р физ.-мат. наук, профессор | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Программа обсуждена на заседании кафедры лазерных систем и структурированных материалов 04.06.2020 | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  | |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Аннотация** | | | | | | | | |  |
| Одним из основных инструментов науки и технологий квантовой информатики является процесс генерации коррелированных пар фотонов, известный как Спонтанное Параметрическое Рассеяние Света (СПРС) в нелинейных двулучепреломляющих кристаллах. В рамках курса будет описана физика СПРС, его основные режимы и свойства генерируемых бифотонных состояний, одним из главных свойств которых является перепутывание (entanglement). Будет дано общее определение понятия перепутывания двухчастичных состояний, и его связь со знаменитым эффектом Эйнштейна-Подольского-Розена. Для состояний с непрерывными и дискретными переменными будет дано определение параметров, характеризующих степень перепутывания, таких как параметр K, основанный на разложении Шмидта для волновых функций, а также параметр R, определяемый как отношение ширин безусловного и условного одночастичных распределений. Будут подробно описаны свойства перепутывания простейших поляризационных бифотонных состояний – кутритов. Будет рассмотрено спектральное и угловое перепутывание СПРС состояний, будут описаны такие популярные явления как интерференционный эффект Хонга-Оу-Манделя и квантовая телепортация. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **1. Цели и задачи** | | | | | |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **Цель дисциплины** | |  |  |  |  |  | |  |  |
| - освоение студентами фундаментальных знаний в области лазерной спектроскопии, получения практических навыков решения задач, овладение методами их решения, а также понимание способов их практического применения. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **Задачи дисциплины** | | | | | |  | |  |  |
| • формирование базовых знаний в области лазерной спектроскопии как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности; | | | | | | | | |  |
| • обучение студентов основным принципам решения задач в области лазерной спектроскопии и освоение основных теоретических методов, применимых в этой области физики; | | | | | | | | |  |
| • формирование правильных теоретических подходов к выполнению исследований студентами в области лазерной спектроскопии в рамках выпускных работ на степень магистра. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **2. Перечень формируемых компетенций** | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: | | | | | | | | |  |
| Код и наименование компетенции | | | Индикаторы достижения компетенции | | | | | |  |
| ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук | | | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук | | | | | |  |
| ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности | | | | | |  |
| ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи | | | ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности | | | | | |  |
| ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения | | | ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения | | | | | |  |
| ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений | | | | | |  |
| ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты | | | ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты | | | | | |  |
| ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию | | | ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях | | | | | |  |
| ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области | | | ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ) | | | | | |  |
| ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ) | | | | | |  |
| ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)** | | | | | | | | |  |
| В результате освоения дисциплины обучающиеся должны | | | | | |  | |  |  |
| знать: | |  |  |  |  |  | |  |  |
| Знать материал лекциолнного курс. | | | | | | | | |  |
| уметь: | | | | | |  | |  |  |
| Самостоятельно применять полученные знкания для решения других задач. | | | | | | | | |  |
| владеть: | | | | | |  | |  |  |
| Аппаратом квантовой механики применительно к задачам квантовой информатики. | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий** | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий | | | | | |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| № | Тема (раздел) дисциплины | | Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час. | | | | | |  |
| Лекции | Семинары | Лаборат. работы | | Самост. работа | |  |
|  |
| 1 | Понятие перепутывания двухчастичных состояний с непрерывными переменными. Разложение Шмидта. Параметр степени перепутывания К на основе разложения Шмидта | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 2 | Условные и безусловные одночастичные распренеделения двухчастичнных состояний. Праметр степени перепутывания R – отношение ширин безусловного и условного распределений. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 3 | Спонтанное параметрическое рассеяние света | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 4 | Кубиты, кудиты и поляризационные двухфотонные кутриты | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 5 | Разложение Шмидта для бифотонных поляризационных кутритов. Векторы Стокса на сфере Пуанкаре. | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 6 | Эффект Хонга-Оу-Манделя | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 7 | Квантовая телепортация | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 8 | Поляризационно-частотные бифотонные кукварты | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 9 | Эффект протранственного сноса (walk-off) необкновенной волны накачки в нелинейном анизотропном кристалле и его роль в задаче получения бифотонных состояний с максимальной степенью углового перепутывани | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| 10 | Эффект спектрального сноса (walk-off) необкновенной волны накачки в нелинейном анизотропном кристалле и обусловленная этим аномально высокая стпень спектрального перепутывания | | 3 | 3 |  | | 3 | |  |
| Итого часов | | | 30 | 30 |  | | 30 | |  |
| Подготовка к экзамену | | | 0 час. | | | | | |  |
| Общая трудоёмкость | | | 90 час., 2 зач.ед. | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| 4.2. | Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Семестр: 1 (Осенний) | | | | | |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 1. Понятие перепутывания двухчастичных состояний с непрерывными переменными. Разложение Шмидта. Параметр степени перепутывания К на основе разложения Шмидта | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будет изложено содержание теоремы Шмидта, дано определние мод Шмидта и параметров разложениякак для волновой функции даухчастичного состояния, так и для соответствующей редуцированной матрицы плотности. Будет даноьопрделени параметра степени перепутывания как обратного следа от «квадрата» редуцированной матрицы плотности. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 2. Условные и безусловные одночастичные распренеделения двухчастичнных состояний. Праметр степени перепутывания R – отношение ширин безусловного и условного распределений. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будут описаны два способа перехода от двух-частичных распределений к одночастичным условным и безусловным распределениям потем или иным переменным. Будет даноа определение параметра степени пеерепутывания R как отношения ширин этих распределений. Будет продемонстрировано что в случае модельных двойых-гауссовых волновых фукций R=K. Будет показано, что в эксперимнте указанные ширины соответствуют результатм одночастичнх измерений и измерений по схеме совпадений, что может быть использховано для прямого измерения степени перепутывания двухчастичных состояний. Будет дано осуждени парадокса Эйнштейна-Подоьског8о-Розена и его интерпретация в терминах разложения Шмиджта перепутаннах состояний. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 3. Спонтанное параметрическое рассеяние света | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будут описаны содержание эффекта спонтанного параметрического рассеяния Шмидта и его реализумых режимов | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 4. Кубиты, кудиты и поляризационные двухфотонные кутриты | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будут даны определения элементарных квантовых однофотонных и двухфотоонных, однг- и многомодовых состоний. Будут детально проанализированы свойства бифотонных поляризационных кутритов, их перепутывание и основные пареметры степени перепутывания: конкарренс и параметр Шмидта К. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 5. Разложение Шмидта для бифотонных поляризационных кутритов. Векторы Стокса на сфере Пуанкаре. | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будет дано описание структуры состояний поляризационных кутритов в представлении мод Шмидта. Будет проанализировано соотношение медду стпенью перепутывания и степенью поляризации кутритов. Будет описано описание свойств кутритов в тепрминах векторов Стокса на сфере Пуанкаре. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 6. Эффект Хонга-Оу-Манделя | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будет дано описание интерференционного эффекта Хонга-Оу-Манделя. Будет представлено исследование ширины провала Хонга-Оу-Манделя от соотношения поляризаций фотонов и от времени задержки одного их них. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 7. Квантовая телепортация | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будет дано описание одной из экспериментально реализованных схем квантовой телепориттации. Будет обсужден вопрос о степени квантвости этого явления. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 8. Поляризационно-частотные бифотонные кукварты | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будет дано описание свойств двуфотонных состояний с двумя степенями свбоды, поляризационной и частотной, при том что в каждой из СПРС пар частоты фотонров различны и соотсветствующая частотная переменная может принимать только одно из двух различных значений, высокой или низкй частоты. Такие состоянияв являются суперпозицией четырех базисных состояний и поэтому называются куквартами. Степень перепутывания таких состояний в целом выше чем у поляризационных кутритов, и будут продемонстрировано, каковы в этом случае параметры степени перепутывания. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 9. Эффект протранственного сноса (walk-off) необкновенной волны накачки в нелинейном анизотропном кристалле и его роль в задаче получения бифотонных состояний с максимальной степенью углового перепутывани | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будет дано описание эффекта пространственного сноса (walk-off) волны накачки, распространяющейся в кристалле по типу необыкновенной волны. Будет продемонстрировано, каким образом снос радикально влияет на степень углового перепутывания состояний фотонов, расространяющихся в плоскости оптческой оси кристалла. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 10. Эффект спектрального сноса (walk-off) необкновенной волны накачки в нелинейном анизотропном кристалле и обусловленная этим аномально высокая стпень спектрального перепутывания | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Будет рассмотрено спонтанное параметрическое рассеяние в режиме коротких типульсов накачки с широким спетром.Будет продемонстрировано, что в этом случае имеет место эффект спетрального сноса, обусловливающий возникновение аномально высокеой степени спектрального перепутывания. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)** | | | | | | | | |  |
|  | | | | | |  | |  |  |
|  | Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном, доской. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **6.Перечень рекомендуемой литературы** | | | | | | | | |  |
|  | |  |  |  |  |  | |  |  |
| Основная литература | | | | | | | |  |  |
|  | 1. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 8 : Электродинамика сплошных сред : учеб. пособие для ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц .— М. : Наука, 1992, 2001, 2003, 2005 .— 662 с. | | | | | | | |  |
|  | 2. Фотоны и нелинейная оптика [Текст]/Д. Н. Клышко, -М., Наука, 1980 | | | | | | | |  |
|  | 3. Г. Г. Гурзадян, В.Г. Дмитриев, Д.Н. Никогосян, «СПРАВОЧНИК, Нелинейно- оптические кристаллы, свойства и применения в квантовой эхлектронике», М. «Раио и Связь» 1991 | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Дополнительная литература | | | | | | | |  |  |
|  | 1. M.V. Fedorov, N.I. Miklin, Schmidt modes and entanglement, Contemporary Physics, v. 55, No. 2, 94–109 (2014) | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)** | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | |  |
|  | Не используются | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)** | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как OpenOffice. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)** | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
| Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. | | | | | | | | |  |
| В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач. | | | | | | | | |  |
| Успешное освоение курса требует: | | | | | | | | |  |
| – посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине; | | | | | | | | |  |
| – ведения конспекта занятий; | | | | | | | | |  |
| – напряжённой самостоятельной работы студента. | | | | | | | | |  |
| Самостоятельная работа включает в себя: | | | | | | | | |  |
| – чтение рекомендованной литературы; | | | | | | | | |  |
| – проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения; | | | | | | | | |  |
| – решение задач, предлагаемых студентам на занятиях; | | | | | | | | |  |
| – подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации. | | | | | | | | |  |
| Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины. | | | | | | | | |  |
| Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю. | | | | | | | | |  |
| Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий. | | | | | | | | |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | | | |  |
|  | **ПРИЛОЖЕНИЕ** | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  |  |  | | | |  | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)** | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
|  | | | | | | | | | |  |
| **по направлению:** | | Прикладные математика и физика | | | | | | | | |
| **профиль подготовки:** | | Общая и прикладная физика | | | | | | | | |
|  |  | Физтех-школа физики и исследований им. Ландау | | | | | | | | |
|  | | кафедра лазерных систем и структурированных материалов | | | | | | | | |
| **курс:** | | 1 | | | |  | | |  |  |
| **квалификация:** | | магистр | | | |  | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |
| **Разработчик:** | | М.В. Федоров, д-р физ.-мат. наук, профессор | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  | | |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины** | | | | | | | |  |
| Код и наименование компетенции | | | Индикаторы достижения компетенции | | | | |  |
| ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук | | | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук | | | | |  |
| ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности | | | | |  |
| ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи | | | ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности | | | | |  |
| ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения | | | ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения | | | | |  |
| ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений | | | | |  |
| ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты | | | ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты | | | | |  |
| ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию | | | ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях | | | | |  |
| ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области | | | ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ) | | | | |  |
| ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ) | | | | |  |
| ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2. Показатели оценивания компетенций** | | | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| В результате изучения дисциплины «Физические основы квантовой информатики» обучающийся должен: | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **знать:** | |  |  |  |  |  |  |  |
| Знать материал лекциолнного курс. | | | | | | | |  |
| **уметь:** | |  |  |  |  |  |  |  |
| Самостоятельно применять полученные знкания для решения других задач. | | | | | | | |  |
| **владеть:** | |  |  |  |  |  |  |  |
| Аппаратом квантовой механики применительно к задачам квантовой информатики. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю** | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся** | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Перечень контрольных вопросов: | | | | | | | |  |
| 1. Определение перепутывания двухчастичных состояний | | | | | | | |  |
| 2. Что такое кубит, кудиты, кутрты и кукватры, | | | | | | | |  |
| 3. Каковы основные параметры степени перепутывания бифотонных поляризационных кутритов | | | | | | | |  |
| 4. Что такое конкарренс двухкубитных состояний? | | | | | | | |  |
| 5. Что такое сфера Пуанкаре и векторы Стокса | | | | | | | |  |
| Примеры контрольных заданий: | | | | | | | |  |
| 1. Найи конкарренс бифотонны полризационных кутритов | | | | | | | |  |
| 2. Найти параметр (угол) сновса необыкновенной волны в кристалле BBO при длине волны 0.5 мкм | | | | | | | |  |
| 3.Найти крнкарренс двухкубитных куквартов | | | | | | | |  |
| 4.Сформулировать условия фазвого синронизса в колиинеарном и неколлинеарнм режима спонтанного параметрического рассеняния | | | | | | | |  |
| 5.Описать зависмость првала Хонга-Щу-Манделя от соотношения поляризаций фотонов | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | |  |
| Примеры билетов: | | | | | | | |  |
| Билет 1. | | | | | | | |  |
| 1.Разложение Шмидта | | | | | | | |  |
| 2. Эффект Хонга-Оу-Манделя. | | | | | | | |  |
| Билет 2. | | | | | | | |  |
| 1.Перепутывнные и неперепутанные поляризационные двухфотонные состояния | | | | | | | |  |
| 2.Падокс эйнштейна-подольского-Розена | | | | | | | |  |
| Билет 3. | | | | | | | |  |
| 1.Парметр степени перепутывания основанный нвна разложении Шмидта | | | | | | | |  |
| 2.Степень поляризации и векторы Стокса бифотонных кутритов | | | | | | | |  |
| Билет 4. | | | | | | | |  |
| 1.Условные и безусловные оддночастичные распределения двухчастичных состояний | | | | | | | |  |
| 2.Квантовая телепортацияя | | | | | | | |  |
| Билет 5. | | | | | | | |  |
| 1.Соотношение между параметром степени перепутывания Шмидта и конкарренс двухкубитных поляризационных кутритов. | | | | | | | |  |
| 2.Представление бифотонных частотно-поляризационных состояний через волновые функции состояний Белла. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Критерии оценивания | | | | | |  |  |  |
| Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. | | | | | | | |  |
| Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. | | | | | | | |  |
| Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами. | | | | | | | |  |
| Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты. | | | | | | | |  |
| Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности. | | | | | | | |  |
| Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей. | | | | | | | |  |
| Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. | | | | | | | |  |
|  | | | | | | | |  |
| Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации. | | | | | | | |  |
| Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач. | | | | | | | |  |
| Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач. | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности** | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Дифференцированный зачёт проводятся в устной форме по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса. При проведении дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа. | | | | | | | |  |