

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра квантовой электроники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптические стандарты частоты

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 3

профиль

Лазерная физика

Форма обучения: **очная**

Разработчики:

чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. А.В. Тайченачев

д.ф.-м.н. В.И. Юдин

Заведующий кафедрой квантовой электроники ФФ
д.ф.-м.н., академик РАН С.В. Багаев



Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация	3
к рабочей программе дисциплины «Оптические стандарты частоты»	3
Направленность (профиль): Лазерная физика	3
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	7
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	7
5. Перечень учебной литературы	9
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся ..	9
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	10
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	10
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине	10

Аннотация

к рабочей программе дисциплины «**Оптические стандарты частоты**»

Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**

Направленность (профиль): **Лазерная физика**

Дисциплина «Оптические стандарты частоты» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профили подготовки «Лазерная физика» и «Оптика» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Оптические стандарты частоты» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилям подготовки «Лазерная физика» и «Оптика».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Цели дисциплины – овладение аспирантами основными понятиями, теоретическими моделями, методами и базовыми экспериментальными результатами в области оптических стандартов частоты и знакомство с современным состоянием данной области науки. В задачи входит углубленное изучение теоретических основ оптических стандартов частоты, развитие навыков решения задач и чтения оригинальной журнальной литературы в области оптических стандартов частоты, формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах оптических стандартов частоты, их связи с лазерной физикой, проблемах приложения методов оптических стандартов частоты в фундаментальных исследованиях и в приложениях, связанных с навигацией и связью. Дисциплина предназначена для аспирантов, область будущей профессиональной деятельности которых включает научные исследования, метрология и инженерная деятельность с использованием лазерного излучения; исследования процессов взаимодействия оптического излучения с веществом; научные и технологические разработки в области лазерных систем и квантовой метрологии.

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости включает контроль посещаемости обучающимися занятий, сдачу заданий, оценку их активности в ходе дискуссий.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Оптические стандарты частоты» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
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-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Оптические стандарты частоты» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профили подготовки «Лазерная физика» и «Оптика» по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Оптические стандарты частоты» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилям подготовки «Лазерная физика» и «Оптика».

Цели дисциплины – овладение аспирантами основными понятиями, теоретическими моделями, методами и базовыми экспериментальными результатами в области оптических стандартов частоты и знакомство с современным состоянием данной области науки. В задачи входит углубленное изучение теоретических основ оптических стандартов частоты, развитие навыков решения задач и чтения оригинальной журнальной литературы в области оптических стандартов частоты, формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах оптических стандартов частоты, их связи с лазерной физикой, проблемах приложения методов оптических стандартов частоты в фундаментальных исследованиях и в приложениях, связанных с навигацией и связью. Дисциплина предназначена для аспирантов, область будущей профессиональной деятельности которых включает научные исследования, метрология и инженерная деятельность с использованием лазерного излучения; исследования процессов взаимодействия оптического излучения с веществом; научные и технологические разработки в области лазерных систем и квантовой метрологии.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 3 зачетных единицы (108 часов).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Оптические стандарты частоты:

Кандидатский экзамен по модулям Лазерная физика и Оптика.

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

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	108		32		22	52			2		
Всего 108 часа /3 зачетных единицы из них: - контактная работа 56 часов - в интерактивных формах 54 часа											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Колебательные системы с обратной связью	1-2	10		4		6			
2.	Стабилизация частоты при наличии шумов	3-4	10		4		6			
3.	Метод разнесенных полей Рамсея и его обобщения	5-6	10		4		6			
4.	Методы стабилизации частоты лазеров	7-8	10		4		6			

5.	Ионные стандарты оптического диапазона	9-10	10		4		6			
6.	Метрологические характеристики решеточных стандартов	11-12	10		4		6			
7.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	13-16	46		8	22	16			
8.	Зачет	17	2							2
Всего			108		32	22	52			2

План практических занятий

1. Колебательные системы с обратной связью: математическое описание колебаний, идеальные и реальные гармонические осцилляторы, амплитудная и фазовые модуляции, электронные сервосистемы, компоненты, примеры систем.
2. Стабилизация частоты при наличии шумов: флуктуации частоты во временном представлении, дисперсия Аллана, спектральное описание флуктуаций частоты, флуктуации частоты и форма линии генерации, методы измерений частоты.
3. Метод разнесенных полей Рамсея и его обобщения: метод Рамсея с разнесенными во времени осциллирующими полями в приложении к задачам прецизионной спектроскопии и квантовой обработке информации, обобщенные методы Рамсея, композитные импульсы, двухпетлевые методы.
4. Методы стабилизации частоты лазеров: методы Хэнша-Куйо, Паунда-Драйвера-Холла, практические приемы стабилизации частоты лазеров на основе использования спектральных линий оптических реперов.
5. Ионные стандарты оптического диапазона: принципы действия ионных ловушек, способы практической реализации ионных ловушек и проведение точных измерений с помощью ионных стандартов.
6. Метрологические характеристики решеточных стандартов: захват нейтральных атомов в оптические решетки на магической длине волны, режим Лэмба-Дикке, систематические сдвиги частоты в решеточных стандартах, решеточные стандарты с Бозе- и Ферми-атомами.
7. Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований: оптические стандарты частоты на основе ультрахолодных атомов магния, оптические стандарты частоты на основе одиночного иона иттербия, оптический стандарт частоты на основе поглощающей ячейки с метаном, оптический стандарт частоты на основе резонансов в молекулярном йоде, фемтосекундные синтезаторы частот.

Теоретический материал курса освещается в ходе практических занятий, обсуждается как необходимый математический аппарат и теоретические аспекты алгоритмов, так и реальные примеры использования обсуждаемых методов из практики наиболее известных экспериментов в мировой науке. В ходе занятий поощряются вопросы слушателей, часть тем обсуждается в форме дискуссий. Материал занятий

доступен в электронном виде. В ходе обучения широко используются компьютерные демонстрации. По вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада. Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением различных методов.	22

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная подготовка к практическим занятиям с использованием учебной литературы. Подготовка доклада по избранной теме. Поиск литературных источников, работа с научным текстом, анализ литературных данных. Подготовка к практическим занятиям. Решение практических заданий.	52

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Ф.Риле Стандарты частоты: принципы и приложения / Ф. Риле ; пер. с англ. Н.Н. Колачевского .— Москва : Физматлит, 2009 .— 511 с. : ил. ; 24 см. — Пер. изд.: *Frequencystandards: BasicsandApplications / FritzRiehle.* - Wiley-VCH.— Библиогр.: с. 463-511.

5.2 Дополнительная литература

2. Е.В.Бакланов. Теоретические основы квантовой электроники: учебное пособие / Е.В. Бакланов ; М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. квантовой электроники .- Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2011 .- 103.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Размещение учебных материалов: Адрес страницы кафедры ИЛФ СО РАН
<http://www.laser.nsc.ru/kafedra-kvantovoj-elektroniki/>

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;

- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет;
Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы SpringerJournals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials.
2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).
3. Полнотекстовые электронные ресурсы FreedomCollection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).
4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.
5. БД Scopus (Elsevier).

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

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

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости включает контроль посещаемости обучающимися занятий, сдачу заданий, оценку их активности в ходе дискуссий, представление доклада по тематике научного исследования.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Оптические стандарты частоты» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Оптические стандарты частоты

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
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-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.	
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к	

	профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам

			негрубых ошибок.	дисциплины. Допускается несколько негрубых/ несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Тематика докладов дисциплины
«Оптические стандарты частоты»

1. Спектроскопия квантовой логики.
2. Столкновительные сдвиги частоты в ансамблях ультрахолодных атомов в оптических решетках.
3. Магнито-индуцированная спектроскопия 0-0 переходов.
4. Гипер-рамсеевская спектроскопия.
5. Методы подавления сдвигов частоты, обусловленных тепловым равновесным излучением.

6. Электродинамика атомов в оптических решетках: поправки высших порядков и связанные с ними сдвиги частоты реперного перехода.
7. Многоионные оптические стандарты частоты.
8. Оптические стандарты частоты на базе многозарядных ионов.
9. Оптические стандарты частоты на базе ядерных переходов.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.