

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МЕТРОЛОГИИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
КВАНТОВАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
8	2	72	6	24	0		42	0	3
Итого	2	72	6	24	0	10	42	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов с современными представлениями квантовой теории и ее применениями для задач метрологии. В рамках изучения курса рассматриваются следующие темы: Матричная формулировка квантовой механики. Техника бра-кет. Преобразование базисов. Операторы. Собственные векторы и собственные числа. Гармонический осциллятор в классической механике. Гамильтониан осциллятора. Порядки величин в задаче о гармоническом осцилляторе. Собственные значения и собственные функции гамильтониана гармонического осциллятора. Спектр осциллятора. Колебания ядер двухатомной молекулы. Ангармонизм. Уравнение Шредингера для атома водорода. Квантовые числа атома водорода. Классификация и обозначение состояний. Правила отбора. Спектральные серии атома водорода. Спин-орбитальное взаимодействие. Квантование моментов импульса и их проекций. Понятие самосогласованного поля. Периодическая система. Принцип Паули. Сложение орбитальных и спиновых моментов. Типы связи. Нормальная связь. Двухуровневые системы. Осцилляции Раби и частота Раби. Трехуровневые системы. Линейная квадрупольная ловушка. Уравнения Матье. Области стабильности в ловушке Пауля. Макродвижение. Режим Лэмба – Дике. Критерий Лэмба – Дике. Конструкция ловушки. Нормальные колебания и их квантование. Двухионный кристалл. Взаимодействие ионной цепочки с лазерным излучением в режиме Лэмба – Дике. Лазерное и симпатическое охлаждение. Спектроскопия атомных состояний на основе квантовой логики. Понятие кубита. Примеры реализации кубитов. Задача Дойтча – Джоза. Логические операции на квантовых регистрах. Алгоритм Дойтча – Джоза. Модельный квантовый компьютер.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов с современными представлениями квантовой теории и ее применениями для задач метрологии.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс предполагает знание основ квантовой физики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с	З-ОПК-1 [1] – Знать основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и методы математического анализа. У-ОПК-1 [1] – Уметь применять знания основных законов естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования в инженерной

проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники	деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники. В-ОПК-1 [1] – Владеть основными методами, способами и приемами решения типичных задач естественнонаучных, общих математических и инженерных дисциплин.
ОПК-2 [1] – Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов	З-ОПК-2 [1] – Знать возможные экономические, экологические, интеллектуально правовые, социальные и другие ограничения на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов У-ОПК-2 [1] – Уметь выбирать и использовать соответствующие ресурсы, методики и оборудование при осуществлении профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений В-ОПК-2 [1] – Владеть методами и приемами ведения профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений.

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Исследование, разработка оптических и оптико-электронных приборов для нужд метрологии, в том числе, создания стандартов времени и частоты нового поколения	Научно-исследовательский процесс создания новых стандартов времени и частоты	ПК-1.1 [1] - Способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики конденсированного состояния вещества и лазерной физики с целью создания новых эталонов, методик ведения измерений и средств измерений с их последующей аттестацией и вводом в реестр средств измерений для нужд нанометрологии	З-ПК-1.1[1] - Знать основы физик конденсированного состояния вещества и лазерной физики, основы методик ведения измерений; У-ПК-1.1[1] - Уметь использовать знания для создания новых эталонов, методик ведения измерений и средств измерений с их последующей аттестацией и вводом в реестр; В-ПК-1.1[1] - Владеть навыками работы с основными

		<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>средствами технических измерений, применяемыми для</p>
<p>Анализ поставленной задачи исследований в области лазерной техники и лазерных технологий;- математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, разработка программ и их отдельных блоков, отладка и настройка для решения задач лазерной техники и лазерных технологий; проведение экспериментальных исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом; проведение измерений по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов; составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых проектов; осуществление наладки, настройки, юстировки и опытной проверки лазерных приборов и лазерных технологических систем;</p>	<p>процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; программное обеспечение и компьютерное моделирование в лазерной технике и лазерных технологиях.</p>	<p>ПК-1 [1] - Способен к математическому моделированию процессов и объектов лазерной техники и технологий на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004, 40.011</p>	<p>З-ПК-1[1] - Знать возможности стандартных пакетов автоматизированного проектирования при математическом моделировании объектов лазерной техники и технологий.; У-ПК-1[1] - Уметь решать типичные математические задачи на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования; В-ПК-1[1] - Владеть навыками самостоятельной разработки программ при математическом моделировании процессов и объектов лазерной техники и технологий</p>
<p>Анализ поставленной задачи исследований в области лазерной техники и лазерных технологий;-</p>	<p>процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен к наладке, настройке, юстировке и опытной проверке приборов и систем</p>	<p>З-ПК-3[1] - знать основы теории измерений, основы работы с измерительной</p>

<p>математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, разработка программ и их отдельных блоков, отладка и настройка для решения задач лазерной техники и лазерных технологий; проведение экспериментальных исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом; проведение измерений по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов; составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых проектов; осуществление наладки, настройки, юстировки и опытной проверки лазерных приборов и лазерных технологических систем;</p>	<p>биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; программное обеспечение и компьютерное моделирование в лазерной технике и лазерных технологиях.</p>	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004, 40.011</p>	<p>аппаратурой, основы оптико-физических измерений; ; У-ПК-3[1] - Уметь - пользоваться основными измерительными и сервисными приборами - юстировать оптические установки ; В-ПК-3[1] - Владеть методами и приемами наладки, настройки, юстировки и опытной проверки приборов и систем.</p>
проектно-конструкторский			
<p>Организация и планирование производственного процесса; наладка технологического оборудования; изготовление оптических волокон; контроль качества изготовления оптических волокон</p>	<p>Производство легированных редкоземельными ионами оптических волокон, включающее в себя производство заготовок, вытяжку активного оптического волокна и его тестирование</p>	<p>ПК-1.2 [1] - Способен к разработке и исследованию в области лазерной спектроскопии; эффектов когерентного пленения населенности уровней; оптических и ядерных стандартов частоты</p> <p><i>Основание:</i></p>	<p>З-ПК-1.2[1] - Знание основы лазерной спектроскопии, эффектов когерентного пленения населенности уровней, оптических и ядерных стандартов частоты; У-ПК-1.2[1] - Уметь использовать в своей профессиональной деятельности</p>

		Профессиональный стандарт: 40.038	основные методики и средства измерения для разработок в области лазерной спектроскопии; эффектов когерентного пленения населенности уровней; оптических и ядерных стандартов частоты; В-ПК-1.2[1] - Владеть основами разработки и исследования оптических систем для лазерной спектроскопии; эффектов когерентного пленения населенности уровней; оптических и ядерных стандартов частоты
--	--	-----------------------------------	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования</p>

		<p>производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Техника бра-кет. Гармонический осциллятор. Спин. Атом водорода. Многоэлектронные атомы	1-8	6/16/0		25	КИ-8	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1

2	Двухуровневые и трехуровневые системы. Ионные ловушки. Система двух ионов в ионной ловушке. Биты и кубиты. Квантовые компьютеры	9-12	0/8/0		25	КИ-12	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		6/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек.,	Пр./сем.,	Лаб.,
--------	---------------------------	-------	-----------	-------

		час.	час.	час.
	8 Семестр	6	24	0
1-8	Техника бра-кет. Гармонический осциллятор. Спин. Атом водорода. Многоэлектронные атомы	6	16	0
1 - 8	Тема 1 Матричная формулировка квантовой механики. Техника бра-кет. Преобразование базисов. Операторы. Собственные векторы и собственные числа. Гармонический осциллятор в классической механике. Гамильтониан осциллятора. Порядки величин в задаче о гармоническом осцилляторе. Собственные значения и собственные функции гамильтониана гармонического осциллятора. Спектр осциллятора. Колебания ядер двухатомной молекулы. Ангармонизм. Уравнение Шредингера для атома водорода. Квантовые числа атома водорода. Классификация и обозначение состояний. Правила отбора. Спектральные серии атома водорода. Спин-орбитальное взаимодействие. Квантование моментов импульса и их проекций. Понятие самосогласованного поля. Периодическая система. Принцип Паули. Сложение орбитальных и спиновых моментов. Типы связи. Нормальная связь.	Всего аудиторных часов		
		6	16	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-12	Двухуровневые и трехуровневые системы. Ионные ловушки. Система двух ионов в ионной ловушке. Биты и кубиты. Квантовые компьютеры	0	8	0
9 - 12	Тема 9 Двухуровневые системы. Осцилляции Раби и частота Раби. Трехуровневые системы. Линейная квадрупольная ловушка. Уравнения Матье. Области стабильности в ловушке Пауля. Макродвижение. Режим Лэмба – Дике. Критерий Лэмба – Дике. Конструкция ловушки. Нормальные колебания и их квантование. Двухионный кристалл. Взаимодействие ионной цепочки с лазерным излучением в режиме Лэмба – Дике. Лазерное и симпатическое охлаждение. Спектроскопия атомных состояний на основе квантовой логики. Понятие кубита. Примеры реализации кубитов. Задача Дойтча – Джоза. Логические операции на квантовых регистрах. Алгоритм Дойтча – Джоза. Модельный квантовый компьютер.	Всего аудиторных часов		
		0	8	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки, курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-1	З-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-12
	У-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-12
	В-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-12
ОПК-2	З-ОПК-2	З, КИ-8, КИ-12
	У-ОПК-2	З, КИ-8, КИ-12
	В-ОПК-2	З, КИ-8, КИ-12
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-12
ПК-1.1	З-ПК-1.1	З, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-1.1	З, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-1.1	З, КИ-8, КИ-12
ПК-1.2	З-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-12
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-12

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех	Оценка	Требования к уровню освоению
--------------	----------------	--------	------------------------------

	балльной шкале	ECTS	учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ S39 Advanced Quantum Mechanics : , Schwabl, Franz. , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2008
2. ЭИ М31 Введение в физику наноструктур : учебное пособие для вузов, Опенев Л.А., Маслов М.М., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. 53 М31 Введение в физику наноструктур : учебное пособие для вузов, Опенев Л.А., Маслов М.М., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. ЭИ Б 18 Квантовая механика : учебное пособие, Байков Ю. А., Кузнецов В. М., Москва: Лаборатория знаний, 2020
5. ЭИ Б 82 Квантовая статистическая механика. : учебное пособие, Кондратьев А. С., Борисёнок С. В., Москва: Физматлит, 2011

6. ЭИ К31 Методы точной диагонализации в квантовой физике : учебное пособие, Красавин А.В., Кашурников В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Б90 Атомная физика. Освоение через задачи : , Кимбелл Д., ДеМилль Д., Будкер Д., Москва: Физматлит, 2009
2. 53 Н66 Квантовые вычисления и квантовая информация : , Чанг И., Нильсен М., Москва: Мир, 2006
3. 539.1 Б26 Основы атомной физики : , Ельяшевич М.А., Барсуков О.А., Москва: Научный мир, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении курса студенту необходимо: усвоить матричную формулировку квантовой механики, формализм вторичного квантования, основные положения теории многоэлектронных атомов, схемы и характеристики ионных ловушек, основные положения квантовой теории информации; уметь применять теоретические знания для решения задач и исследования моделей в области атомной физики, квантовой теории информации; владеть методами вторичного квантования, формализмом атомной физики, методами квантовой теории информации.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

– Контроль итогов

На выбор преподавателя студенту выдается 5 вопросов из списка вопросов. Время на подготовку – 20 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Методика проведения оценивания студентов на рубежном контроле основывается на «Контроле итогов» (КИ). В рамках данной методики, оценка в баллах выставляется студенту на основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра (КИ-8) и отдельно для второй (КИ-15). Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

Форма реализации промежуточного контроля - зачёт. К зачёту допускаются студенты, имеющие по итогам КИ-8 и КИ-15 в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на зачёте составляет 50 баллов.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При изучении курса студенту необходимо: усвоить матричную формулировку квантовой механики, формализм вторичного квантования, основные положения теории многоэлектронных атомов, схемы и характеристики ионных ловушек, основные положения квантовой теории информации; уметь применять теоретические знания для решения задач и исследования моделей в области атомной физики, квантовой теории информации; владеть методами вторичного квантования, формализмом атомной физики, методами квантовой теории информации.

Текущий контроль представлен следующим видом аттестации:

– Контроль итогов

На выбор преподавателя студенту выдается 5 вопросов из списка вопросов. Время на подготовку – 20 минут. В рамках предложенных тем вопросов, преподаватель может задавать обобщающие вопросы, охватывающие несколько тем, или конкретные задачи-проблемы группе (два и более) студентов с целью оценить работу студентов в коллективе, а так же роль и активность отдельных студентов.

Методика проведения оценивания студентов на рубежном контроле основывается на «Контроле итогов» (КИ). В рамках данной методики, оценка в баллах выставляется студенту на основании результатов Текущего контроля отдельно для первой половины семестра (КИ-8) и отдельно для второй (КИ-15). Успешное прохождение студентом рубежного контроля отвечает диапазону 15-25 баллов по итогам каждого КИ.

Форма реализации промежуточного контроля - зачёт. К зачёту допускаются студенты, имеющие по итогам КИ-8 и КИ-15 в сумме не менее 30 баллов. Максимальная оценка на зачёте составляет 50 баллов.

Автор(ы):

Васильев Олег Станиславович, к.ф.-м.н.

Борисюк Петр Викторович, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):
Пальчиков В.Г.