

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Основы квантовой теории взаимодействия света с атомными системами

2. Уровень высшего образования – магистратура

3. Направление подготовки: 03.04.02 Физика (магистратура)

4. Аннотация:

Курс «Основы квантовой теории взаимодействия света с атомными системами» является вариативной дисциплиной магистерской программы «Квантовые вычисления». Дисциплина обеспечивает теоретическую подготовку студентов в области квантового описания взаимодействия когерентного излучения с атомными системами. В курсе рассматривается метод квантового кинетического уравнения и его расширение, описывающее стохастическую квантовую динамику в формализме Гейзенберга-Ланжевена. Рассматриваемый подход представляет одну из основных используемых на практике методик расчета взаимодействия излучения, как с одиночными атомами, так и с атомными ансамблями. В качестве иллюстрирующего примера рассматривается задача об излучении атома возбуждаемого сильным когерентным полем. Также рассматривается квантовое описание взаимодействие поля с резонатором Фабри-Перо и теория одномодового лазера с атомной активной средой. Обсуждаются статистические свойства излучения, демонстрирующие его неклассическую природу, и представляющие интерес для задач квантовой информатики.

5. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся (указывается согласно рабочему плану):

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа, 2 часа коллоквиумов), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

6. Формируемые компетенции и входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

НАЗВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ:

СПК-1 Способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений.

СПК-2 Способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений.

СПК-3 Способность организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Для того чтобы формирование данных компетенций было возможно, обучающийся, приступивший к освоению образовательной программы, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные методы научно-исследовательской деятельности.
- **УМЕТЬ:** выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

Для освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретаемые в рамках разделов теоретической физики – «Классическая механика», «Электродинамика», «Квантовая механика», включая основы квантовой теории излучения. Также желательно знание основ теории дифференциальных уравнений, теории случайных процессов и уравнений математической физики.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего, часы	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы из них

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
1. Введение В вводной части курса совершается переход от представления Шредингера к представлению Гейзенберга в квантовой механике. Разбирается иллюстрирующий пример: Решение уравнений Гейзенберга для модели оптического параметрического усилителя.		1			1	1 час Записать уравнения Гейзенберга для модели «двухуровневого» атома [1, 2].		2

<p>2. Квантовая теория излучения атома, возбуждаемого когерентным полем</p> <p><i>§1. Излучение атома в модели классического гармонического осциллятора.</i></p> <p>Рассматривается одноэлектронный атом в классической модели гармонического осциллятора. Взаимодействие атома с внешним когерентным полем описывается в дипольном приближении, с учетом силы радиационного торможения. Вычисляется и проводится анализ спектральной зависимости сечения рассеяния.</p> <p><i>§2. Квантовая динамика двухуровневого атома в формализме уравнений Блоха.</i></p> <p>Построение квантового кинетического уравнения для матрицы плотности двухуровневого атома. Вектор Блоха и интерпретация динамики состояния атома на сфере Блоха. Решение уравнений Блоха в стационарном случае. Зависимость решения от параметра насыщения. Сравнение когерентной и некогерентной компоненты излучения.</p> <p><i>§3. Квантовый подход Гейзенберга-Ланжевена.</i></p> <p>Построение стохастических уравнений динамики операторов атомной подсистемы в форме Гейзенберга-Ланжевена (Г.-Л.). Взаимодействие с вакуумным термостатом. Вычисление вклада радиационного затухания когерентности и распада возбужденного состояния атома. Введение квантовых ланжевенных источников шума.</p>	8	5		13	<p>1 час Вычислить резонансное сечение рассеяния. Исследовать поляризационные характеристики излучения. [1, 5].</p> <p>1 час Решить уравнения Блоха в стационарном случае. Сравнить результат с решением классической задачи [1-3].</p> <p>4 часа Проведение проверочных расчетов, результатов представленных на лекции. Оценить пределы применимости приближения вращающейся волны</p>		21
---	---	---	--	----	---	--	----

<p>§4. Корреляционные свойства квантовых шумовых источников.</p> <p>Описание квантовых флуктуаций в марковском приближении. Квантовая теорема регрессии. Вычисление корреляционных функций ланжевеновых источников и коэффициентов диффузии.</p> <p>§5. Спектр излучения атома. Триplet Раутиана-Собельмана-Моллоу (PCM).</p> <p>Решение уравнений Г.-Л. в стационарном случае. Вычисление спектра излучения атома. Обсуждение квантовой природы триплета PCM. Эффект антигруппировки и неклассическая природа излучения атома. Однофотонный источник света.</p>					<p>[2,3].</p> <p>2 часа</p> <p>Вычисление корреляционных функций ланжевеновых источников коэффициентов диффузии [2,3]</p> <p>Анализ спектра излучения атома в зависимости от величины частоты Раби (параметра насыщения) возбуждающего когерентного поля [2]</p>		
--	--	--	--	--	--	--	--

<p>3. Взаимодействие квантованного поля с резонатором</p> <p><i>§6. Одномерная модель резонатора Фабри-Перо с выпускным зеркалом.</i></p> <p>Представление операторов поля в одномерной модели в присутствии резонатора в виде двух зеркал. Описание взаимодействия внутрирезонаторных и внешних мод в модели Гардинера-Колле</p> <p><i>§7. Построение уравнений Гейзенберга-Ланжевена, описывающих внутреннюю динамику системных операторов.</i></p> <p>Вывод уравнений движения системных операторов поля и среды внутри резонатора в форме уравнений Г.-Л.. Постановка граничных условий для операторов внешнего поля падающего и покидающего резонатор. Связь операторов поля излучения (покидающего резонатор) с возбуждающим полем (падающего на резонатор) и с внутрирезонаторным полем.</p> <p><i>§8. Квантовое стохастическое уравнение в форме Стратоновича и Ито.*</i></p> <p>Факультативный материал, показывающий связь временного упорядочения операторов в ланжевенных источниках шума с соответствующей формой стохастического дифференциального уравнения.</p>	3	3	2 часа Коллоквиум по теме «Квантовая теория излучения атома, возбуждаемого когерентным полем»	6	<p>2 часа Разбор лекционного материала. Вывод уравнения динамики внутрирезонаторной наблюдаемой в общем виде [6].</p> <p>6 часов Подготовка к коллоквиуму</p> <p>Материал изложен в монографии [6].</p>		14
<p>4. Квантовая теория двухуровневого лазера в</p>	5	3		8			16

<p>модели Гейзенберга-Ланжевена</p> <p><i>§9. Описание модели.</i> Описание модели газового лазера с рабочей средой в виде двухуровневых атомов. Дипольное взаимодействие с резонаторной модой. Описание кинетики рабочих атомов, входящих и покидающих резонатор.</p> <p><i>§10. Построение основных уравнений для атомной и полевой подсистем.</i> Построение динамических уравнений в форме Г.-Л. с учетом внешних мод и добавленных источников шума накачки. Введение коллективных переменных.</p> <p><i>§11. Стационарная картина возбуждения</i> Вычисление средних установившихся значений амплитуды поля и поляризации атомов. Преобразование уравнений Г.-Л. в приближении добротного резонатора. Адиабатическое исключение состояния атомной подсистемы.</p> <p><i>§12. Влияние ланжевеновых шумов на статистику излучения лазера</i> Построение замкнутого уравнения Г.-Л. для оператора числа квантов поля внутри резонатора. Решение уравнения и построение оператора поля излучения (покидающего резонатор). Вычисление корреляционной функции фототока и выявление условий проявления субпуассоновской (неклассической) статистики излучения (лазер Голубева-Соколова).</p>					<p>1 час Объяснить присутствие объема резонатора в формуле взаимодействия атома с резонаторной модой [4].</p> <p>1 час Разбор лекционного материала [4].</p> <p>2 часа Разбор лекционного материала. Обоснование возможности адиабатического приближения [4].</p> <p>4 часа Разбор лекционного материала. Анализ физических схем реализации субпуассоновской картины излучения лазера [4].</p>		
---	--	--	--	--	--	--	--

5. Заключение Заключительные замечания, касающиеся потенциала метода Г.-Л..		1	3		4			4
Промежуточная аттестация - зачет			4		4	11 часов Подготовка к промежуточной аттестации (зачету).		15
Итого		18	16	2	36	36		72

* Текущий контроль успеваемости в рамках занятий семинарского типа реализуется в форме обсуждения.

8. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

8.1 Основная и дополнительная литература доступная студентам через Интернет или по запросу лектору.

8.2 Электронные презентации основных тем дисциплины доступные через сайт ЦКТ ФФ МГУ

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Типовые контрольные вопросы и темы для обсуждения:

1. Эквивалентность представлений Шредингера и Гейзенберга в вантовой механике.
2. Матрица плотности.
3. Представление матрицы плотности «двухуровневого» атома в виде разложения по матрицам Паули. Сфера Блоха.
4. Дипольное приближение. Приближение вращающейся волны.
5. Скорость спонтанного распада. Частота Раби. Параметр насыщения.
6. Винеровский случайный процесс. Корреляционные свойства шумовых источников.
7. Сохранение коммутационных соотношений в уравнениях Гейзенберга-Ланжевена.
8. Корреляционная функция второго порядка. Однофотонный источник.
9. Адиабатическое исключение атомных переменных в лазерных уравнениях.
10. Субпуассоновская статистика излучения.

Типовые вопросы к зачету:

1. Представление Гейзенберга в квантовой механике. Пример: оптический параметрический усилитель.
2. Уравнения Блоха для двухуровневого атома, возбуждаемого когерентным полем.
3. Решение уравнений Блоха в стационарном режиме. Интерпретация решения на сфере Блоха.
4. Сравнительный анализ классической и квантовой динамики атома, возбуждаемого когерентным полем, в зависимости от параметра насыщения
5. Построение уравнений Гейзенберга-Ланжевена для операторов двухуровневого атома, взаимодействующего с когерентным полем и вакуумным термостатом.
6. Корреляционные свойства квантовых шумовых источников. Вычисление корреляционных функций ланжевенных источников и коэффициентов диффузии.
7. Спектр излучения атома. Триплет Раутиана-Собельмана-Моллоу.
8. Эффект антигруппировки и неклассическая природа излучения атома. Однофотонный источник света.
9. Представление операторов поля в одномерной модели в присутствии резонатора в виде двух зеркал (Фабри-Перо).
10. Построение уравнений Гейзенберга-Ланжевена, описывающих внутреннюю динамику системных операторов в резонаторе Фабри-Перо.
11. Газовый лазер с рабочей средой в виде двухуровневых атомов, входящих и покидающих резонатор. Описание модели.
12. Построение уравнений динамики поля и атомов в форме Гейзенберга-Ланжевена с учетом внешних мод и добавленных источников шума накачки.
13. Переход к коллективным переменным в уравнениях лазера. Вычисление средних установившихся значений амплитуды поля и поляризации атомов
14. Преобразование уравнений лазера в приближении добротного резонатора. Адиабатическое исключение состояния атомной подсистемы.
15. Построение замкнутого уравнения, в форме Гейзенберга-Ланжевена, для оператора числа квантов поля внутри резонатора.
16. Оператор поля лазерного излучения (покидающего резонатор). Описание шумовых источников и их влияние на параметры излучения.
17. Вычисление корреляционной функции фототока излучения лазера. Выявление условий проявления субпуассоновской (неклассической) статистики излучения.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ПОКАЗАТЕЛИ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ)

ВЛАДЕТЬ: профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений (В1, СПК-1).

ВЛАДЕТЬ: навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений (В2, СПК-2).

ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений (В3, СПК-3).

УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (У1, СПК-1).

УМЕТЬ: осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений (У2, СПК-2).

УМЕТЬ: организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования (У3, СПК-3).

ЗНАТЬ: методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений (З1, СПК-1).

ЗНАТЬ: способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений (З2, СПК-2).

ЗНАТЬ: методы организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (З3, СПК-3).

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> профессиональными знаниями для анализа и	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа и синтеза	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение	Успешное и систематическое применение навыков анализа и синтеза

синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений (В1, СПК-1).		физической информации в области физики квантовых вычислений	анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений	навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений	физической информации в области физики квантовых вычислений
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений (В2, СПК-2).	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений	Успешное и систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых вычислений
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений (В3, СПК-3).	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений	Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых вычислений

<p><i>УМЕТЬ:</i> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (У1, СПК-1).</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых вычислений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>
<p><i>УМЕТЬ:</i> осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений (У2, СПК-2).</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых вычислений</p>

<p><i>УМЕТЬ:</i> организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования (У3, СПК-3)</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>Успешное и систематическое проявление организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых вычислений, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>
<p><i>ЗНАТЬ:</i> методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений (31, СПК-1)</p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарное проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>Успешное и систематическое проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых вычислений</p>

<p>ЗНАТЬ: способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений (32, СПК-2).</p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарное проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>	<p>Успешное и систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых вычислений</p>
<p>ЗНАТЬ: методы организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (33, СПК-3)</p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарное проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>Успешное и систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых вычислений, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>

10. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Д.Н. Клышко, “Физические основы квантовой электроники”// М.: Наука 1986.
2. Л.В. Герасимов, Д.В. Куприянов, “Квантовая теория излучения атома, возбуждаемого когерентным полем”, Уч. пособие СПбПУ, 2016.
3. С. Cohen-Tannoudji, J. Dupont-Roc, G. Grynberg, “Atom-Photon Interactions: Basic Processes and Applications” (Wiley, New York, 1992).
4. М.О. Скалли, М.С. Зубари “Основы квантовой оптики”//Физматлит 2003

Дополнительная литература

5. И.Н. Топтыгин, В.В. Батыгин, “Современная электродинамика”// Москва-Ижевск, 2002.
6. С.W. Gardiner, P. Zoller “Quantum noise”// Springer, 2003
7. Л. Мандель, Э. Вольф, “Оптическая когерентность и квантовая оптика” // М.: Физматлит, 2000.
8. D.V. Kupriyanov, I.M. Sokolov, M.D. Havey, “Mesoscopic coherence in light scattering from cold, optically dense and disordered atomic systems”// Physics Reports 671 (2017) 1–60.

11. Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:

- www.theorphys-lab.spbstu.ru

12. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины необходимо посещение интерактивных занятий (лекций и семинаров) и регулярная самостоятельная работа в течение семестра. Для большей части тем курса имеются методические материалы в электронном формате, выложенные на сайте ЦКТ ФФ МГУ. Рекомендуется перед лекцией просмотреть соответствующий раздел и иметь его на интерактивном занятии на ноутбуке или планшете в режиме off-line или в распечатанном виде, используя как основу конспекта для собственных пометок и комментариев.

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

При реализации учебной работы в рамках дисциплины «Основы квантовой теории взаимодействия света с атомными системами» используются средства дистанционного сопровождения учебного процесса в форме сайтов с материалами лекций и семинарских занятий. Курс имеет электронные версии (презентации) лекций. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

14. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика». Любая аудитория, оснащенная проекционным оборудованием с возможностью подключения к ноутбуку, экраном, и учебной доской.