

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Взаимодействие излучения с веществом

2. Уровень высшего образования – магистратура

3. Направление подготовки: 03.04.02 Физика (магистратура)

4. Аннотация:

Курс «Взаимодействие излучения с веществом» является профильной дисциплиной магистерской программы «Квантовые и оптические технологии». Дисциплина обеспечивает теоретическую подготовку студентов в области нанофотоники, резонансных оптических систем и технологий нанофабрикации. В курсе рассматриваются физические основы магнитных резонансов в наночастицах различной формы, одиночные и коллективные возбуждения электромагнитного поля в наноструктурах, различные приложения нанофотоники для квантовых линейных вычислений, нейронных цепей, сенсоров и других устройств.

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 и оптических технологий.

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

СПК-3 Способность организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, 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.

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
<p>1. Введение. Нерезонансные физические процессы</p> <p>Уравнения Максвелла и материальные уравнения. Диэлектрическая и магнитная проницаемости вещества, электрическая проводимость. Показатель преломления, комплексный показатель преломления, поглощение. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Коэффициент отражения, формулы Френеля. Прохождение излучения через пластину и плёнку на подложке. Поглощение произвольной слоистой системы. Суперрешетки. Формулы Френеля для наклонного падения света. Угол Брюстера. Полное отражение. Эванэсцентная волна.</p>		1			1	1 час Примеры рассеяния Рэля и Ми в природе.		1

<p>2. Плазмоника и нанофотоника</p> <p>§1. Локализация сильного электрического или магнитного поля вблизи металлических и диэлектрических наноструктур. Размерные эффекты. Теория Ми. Сечение поглощения наночастицы вблизи оптического резонанса. Дипольное приближение и границы его применимости.</p> <p>§2. Поток энергии в ближнем поле поглощающей наночастицы. Нановихри и их применение.</p>	4	3		7	<p>1 час Разбор теории Ми. Обзор публикаций по управлению светом при помощи магнитных резонансов в диэлектрических наноструктурах.</p> <p>2 часа Повторение лекционного материала</p>		3
---	---	---	--	---	---	--	---

<p>3. Резонансные физические процессы. Нелинейная оптика.</p> <p>§3. Распространение лазерного излучения в среде с нелинейной восприимчивостью. Динамика распространения излучения в химически активной среде. Влияние лазерного нагрева на скорость протекания химических реакций.</p> <p>§4. Самовоздействие в условиях нелинейности среды, обусловленной химическими реакциями. Случаи сильной и умеренной нелинейности среды, в которой протекает экзотермическая реакция. Самофокусировка и дифракционные эффекты. Критическое значение, определяющее самофокусировку.</p> <p>§5. Распределение температуры и концентрации внутри химически активных сред, взаимодействующих с излучением. Экспериментальное наблюдение самофокусировки.</p>	3	3	2 часа Коллоквиум	6	<p>2 часа Решение задач по проектированию оптического отклика диэлектрических частиц различной формы.</p> <p>2 часа Повторение лекционного материала</p>		8
<p>4. Нерезонансные химические процессы (лазерная термохимия)</p> <p>§6. Лазерный нагрев в химически реактивной среде. Макроскопическое неравновесие в термохимических системах. Лазерный нагрев однородных сред: металлы и жидкости. Технологические приложения термохимии. Лазерное осаждение газов, травление и модификация поверхности, синтез соединений и пр. Лазерная оксидация металлов.</p>	3	3		6	<p>2 часа Обзор технологических применений термохимии.</p> <p>7 часов Подготовка к коллоквиуму</p>		4

§7. Лазерная активация химической среды. Неравновесные системы. Самоорганизация.							
5. Резонансные химические процессы (лазерная фотохимия). §8. Лазерная химия в инфракрасном диапазоне. Разделение изотопов в унимолекулярных реакциях, индуцированных инфракрасным лазерным излучением. Диссоциация полиатомных молекул. Вибрационная фотохимия. §9. Кинетическая ИК-спектроскопия. Сверхтонкие эффекты. Лазерная ионизация молекул. Временные масштабы интрамолекулярных процессов. Контроль химических реакций с помощью лазерного излучения.		3	3		6	2 часа Повторение лекционного материала	2
6. Химические процессы в лазерной плазме. §10. Газовая динамика при расширении газа. Осаждение при помощи лазерного излучения. Профили толщины плёнки при осаждении импульсным лазерным излучением. §11. Теория конденсации Зельдовича и Райзера. Случай кремниевого пара. Расчет размера кластеров, образующихся при конденсации.		4	2		6	3 часа Повторение лекционного материала	3
Промежуточная аттестация - зачет			4		4		15

						1 час Повторение лекцион- ного материала		
Итого		18	16	2	36			36

* 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 www.nanolab.phys.msu.ru.

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

Типовые контрольные вопросы и темы для обсуждения:

1. Оптимальные режимы лазерного нагрева.
2. Базовые принципы лазерной очистки поверхностей.
3. Нерезонансные физические процессы.
4. Резонансные физические процессы.
5. Лазерная термохимия.
6. Лазерная фотохимия.
7. Химические процессы в лазерной плазме.

Типовые вопросы к зачету:

- 1) Уравнения Максвелла, материальные уравнения. Диэлектрическая и магнитная проницаемость. Комплексный показатель преломления. Закон Бугера.
- 2) Формулы Френеля.
- 3) Угол Брюстера. Обобщенные законы преломления и отражения света.
- 4) Прохождение света через плоскопараллельную пластину, тонкую плёнку на подложке, слоистую структуру.

- 5) Полное внутреннее отражение. Эванэсцентная волна. Эффект Гуса-Хенхен и Имберта-Федорова.
- 6) Электрические и магнитные резонансы в металлических и диэлектрических структурах. Рассеяние Рэлея и Ми.
- 7) Размерные эффекты в наноструктурах. Движение резонансов при изменении характерных размеров мета-атомов.
- 8) Сечение поглощения резонансной наночастицы. Направленное рассеяние света.
- 9) Нановихри и их применение.
- 10) Самовоздействие и самофокусировка в химически активных средах.
- 11) Распределение температуры и концентрации в химически активных средах, взаимодействующих с лазерным излучением.
- 12) Лазерный нагрев жидкостей и металлов.
- 13) Лазерная ионизация молекул.
- 14) Контроль химических реакций при помощи лазерного излучения.
- 15) Химические процессы в лазерной плазме. Осаждение газов.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ПОКАЗАТЕЛИ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ)

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

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

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

УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий 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 и оптических технологий (У2, СПК-2).

УМЕТЬ: организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, 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 и оптических технологий (31, СПК-1).

ЗНАТЬ: способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий (32, СПК-2).

ЗНАТЬ: методы организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (33, 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 синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий (В1, СПК-1).	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий	Успешное и систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками поиска, критического анализа, обобщения и	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска, критического анализа,	Успешное и систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систе-

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

<p><i>УМЕТЬ:</i> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий 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 и оптических технологий 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 и оптических технологий 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 и оптических технологий 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 и оптических технологий 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 и оптических технологий (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 и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий</p>

<p><i>УМЕТЬ:</i> организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, 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 и оптических технологий, 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 и оптических технологий, 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 и оптических технологий, 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 и оптических технологий, 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 и оптических технологий (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 и оптических</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 и оптических</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 и оптических технологий</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 и оптических технологий</p>

		технологий	технологий		
<p><i>ЗНАТЬ:</i> способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий (32, СПК-2).</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарное проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий	Успешное и систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий

ЗНАТЬ: методы организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (ЗЗ, СПК-З)	Отсутствие знаний	Фрагментарное проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	Успешное и систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования
---	-------------------	---	---	---	--

10. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Ландау, Л. Д., & Лифшиц, Е. М. (1941). *Теория поля*. Москва; Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы.
2. Kuznetsov, A. I., Miroshnichenko, A. E., Fu, Y. H., Zhang, J., & Luk'yanchuk, B. (2012). Magnetic light. *Scientific reports*, 2, 492.

Дополнительная литература

1. A. A. Fisher et al., *Opt. Express*, 24, 23, 26055-26063 (Nov. 14, 2016).
2. A. A. Fisher et al., *Opt. Express*, 24, 23, 26064-26079 (Nov. 14, 2016).
3. Shcherbakov, M.R., Liu, S., Zubyuk, V.V., Vaskin, A., Vabishchevich, P.P., Keeler, G., Pertsch, T., Dolgova, T.V., Staude, I., Brener, I. and Fedyanin, A.A., 2017. Ultrafast all-optical tuning of direct-gap semiconductor metasurfaces. *Nature communications*, 8(1), p.17.

11. Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:

- <https://www.3dhubs.com/knowledge-base>
- <http://reprap.org/>

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 электронные презентации, выложенные на сайте www.quantum.msu.ru. Рекомендуется перед лекцией скачать соответствующую презентацию и иметь ее 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 «Оптический магнетизм» 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.