

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Магнитооптика тонких плёнок и наноструктур

2. Уровень высшего образования – магистратура

3. Направление подготовки: 03.04.02 Физика (магистратура)

4. Аннотация:

Дисциплина обеспечивает теоретическую подготовку студентов в области физики взаимодействия электромагнитного излучения с магнитными веществами и наноструктурами. В курсе рассматривается теоретическое описание линейных и нелинейных магнитооптических эффектов Фарадея, Керра, Фохта, магнитного линейного и кругового дихроизма в оптическом диапазоне. Дается описание особенностей магнитооптических эффектов в объемных веществах, тонких магнитных пленках, периодических средах: магнитофотонных кристаллах и брегговских волноводах, в магнитоплазменных и Ми-резонансных наноструктурах, применения магнитооптических эффектов и экспериментальных методов детектирования. Рассматриваются магнитооптические эффекты на субпикосекундных масштабах времени, обратный эффект Фарадея и эффект сверхбыстрой демагнетизации.

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 (24 часа занятия лекционного типа, 10 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.

Для освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретаемые в рамках дисциплин общей физики «Оптика», «Электромагнетизм» и теоретической физики «Электродинамика», а также дисциплины «Дифференциальные уравнения». Желательно предварительное освоение материала вариативной части программы бакалавриата: дисциплин профиля «Теория волн».

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 §1. Исторический обзор открытия магнитооптических эффектов.		2			2	1 час Знакомство с обзорами по магнитооптическим эффектам [1, 2].	0	1

<p>2. Феноменологическое описание магнитооптических эффектов</p> <p>§2. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Гиротропные среды. Электрическая и магнитная гиротропия. Магнитооптический параметр. Поляризация света. Матрицы Джонса. Уравнения и формулы Френеля.</p> <p>§3 Магнитооптические эффекты в проходящем свете. Эффект Фарадея. Формула угла поворота плоскости поляризации. Понятие невзаимности. Эффект Фохта. Магнитный линейный дихроизм. Магнитный круговой дихроизм.</p> <p>§4. Магнитооптические эффекты в отраженном свете. Полярный, меридиональный и экваториальный магнитооптические эффекты Керра. Уравнения для поворота плоскости поляризации и эллиптичности света. Экваториальный эффект Керра в проходящем свете.</p> <p>§5. Нелинейные магнитооптические эффекты. Нелинейный магнитооптический эффект Керра на второй оптической частоте.</p>	6	2		8	<p>6 часов</p> <p>Преломление, отражение света на границе с магнитной средой [2]. Вывод формул экваториального магнитооптического эффекта Керра в отраженном и проходящем свете [1]. Экваториальный магнитооптический эффект Керра на второй гармонике. [1,4]</p>		6
--	---	---	--	---	---	--	---

<p>3. Магнитооптические материалы и структуры.</p> <p>§7. Магнитооптические материалы. Пара- и диамагнетизм, ферро-, ферри- и ферромагнетизм, антиферромагнетизм. Магнитные диэлектрики и полупроводники.</p> <p>§8. Магнитооптические эффекты в объемных материалах и тонкие пленки. Тонкие ферромагнитные пленки. Мультислойные структуры. Угловые и поляризационные зависимости магнитооптических эффектов. Методика изготовления тонких пленок.</p> <p>§9. Магнитооптические эффекты в магнитофотонных кристаллах. Понятие фотонных кристаллов. Запрещенная зона. Магнитонитовотонные кристаллы. Микрорезонаторы. Механизмы усиления магнитооптических эффектов в фотонных кристаллах и микрорезонаторах.</p> <p>§10. Магнитоплазмоника. Понятие поверхностных плазмон-поляритонов. Локальные и бегущие поверхностные плазмоны. Магнитоплазмонные кристаллы. Изготовление магнитоплазмонных кристаллов. Геометрия Кретчмана и мультислойные структуры. Усиление магнитооптических эффектов в плазмонных материалах. Нелинейная магнитоплазмоника.</p> <p>§11. Магнитооптические волноводы. Волноводные моды. Магнитофотонные брэгговские волноводы. Понятие брэгговских волноводов.</p> <p>§12. Гибридные наноструктуры. Ми-резонансы. Магнитооптика в Ми-резонансных наноструктурах. Гибридизация поверхностных и локальных плазмонов с волноводными модами для усиления магнитооптических эффектов.</p>	8	2	2 часа Коллоквиум по темам «Феноменологическое описание магнитооптических эффектов» и «Магнитооптические материалы и структуры»	10	6 часов Вывод закона дисперсии поверхностного плазмона [6]. Теория рассеяния Ми [13].		5
--	---	---	--	----	--	--	---

<p>4. Сверхбыстрая магнитооптика. §13. Сверхбыстрые магнитооптические эффекты. Обратный эффект Фарадея. Понятие о сверхбыстрой демагнетизации ферромагнетиков. Трех-температурная модель. Спиновые волны. Магнитная динамика.</p> <p>§14. Сверхбыстрые магнитооптические эффекты индуцированные поверхностными плазмонами и эффекты медленного света. Взаимодействие с фоннными колебаниями.</p>	4	2		6	2 часа Вывод величины обратного эффекта Фарадея [14].		2
<p>5. Магнитооптические устройства и способы экспериментальной реализации магнитооптических эффектов</p> <p>§15. Экспериментальные методы измерения магнитооптических эффектов Керра и Фарадея. Синхронное детектирование. Фотоупругий модулятор света.</p> <p>§16. Методики измерения магнитооптических эффектов на пико и субпикосекундных масштабах времени. Методик накачки-зондирования. Кросс-корреляционные схемы.</p>	2	0		2	4 часа Принцип работы фотоупругого модулятора света [15].		2
<p>5. Прикладные аспекты магнитооптики</p> <p>§16. Применения магнитооптических эффектов. Магнитооптическая запись. Интегральная магнитооптика. Магнитооптические модуляторы, переключатели, изоляторы, дефлекторы. Лазерные гироскопы с магнитооптическими материалами. Магнитоплазмонные интерферометры.</p>	2	0		2	4 часа Принцип работы магнитооптического волновода и мультиплексора [4].		4

Промежуточная аттестация - зачет			4		4	16 часов Подготовка к промежуточной аттестации (зачету).		16
Итого		24	10	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 кафедры: <https://www.nanolab.phys.msu.ru>

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

Типовые контрольные вопросы и темы для обсуждения:

1. Формула угла поворота плоскости поляризации при эффекте Фарадея.
2. Формулы и уравнения Френеля.
3. Тензор диэлектрической проницаемости при поперечном, продольном и полярном намагничивании.
4. Магнитооптический параметр.
5. Формула экваториального магнитооптического эффекта Керра.
6. Ферромагнетики. Феррит-гранаты.
7. Фарадеевский изолятор.

Типовые вопросы к зачету:

1. Материальные уравнения. Тензор диэлектрической и магнитной проницаемости в магнитном поле.
2. Формулы Френеля. Уравнения Френеля.
3. Парамагнетики, диамагнетики, ферромагнетики. Примеры магнитных диэлектриков и полупроводников.
4. Поляризация света. Эллиптичность.
5. Магнитооптические эффекты Керра в отраженном свете.

6. Магнитооптические эффекты в проходящем свете. Эффекты Фохта и Фарадея.
7. Формула для экваториального магнитооптического эффекта Керра на границе магнитный материал.
8. Формулы полярного и меридионального эффектов Керра.
9. Формула для фарадеевского вращения.
10. Типичная кривая азимутальной и угловой зависимости эффектов Керра для ферромагнитных металлов.
11. Магнитофотонные кристаллы. Микрорезонаторы. Эффект Фарадея в магнитофотонных кристаллах и микрорезонаторах.
12. Поверхностные плазмон-поляритоны. Локальные плазмоны. Одномерные и двумерные магнитоплазмонные кристаллы. Механизм усиление магнитооптических эффектов в плазмонных материалах.
13. Магнитооптические волноводы. Примеры магнитооптических волноводов. Брегговские магнитооптические волноводы.
14. Ми-резонансы. Усиление магнитооптических эффектов с помощью Ми-резонансных структур. Гибридные наноструктуры с волноводными модами.
15. Сверхбыстрые магнитооптические эффекты. Обратный эффект Фарадея. Понятие о сверхбыстрой демагнетизации ферромагнетиков. Трех-температурная модель. Спиновые волны. Магнитная динамика.
16. Сверхбыстрые магнитооптические эффекты индуцированные поверхностными плазмонами и эффекты медленного света. Взаимодействие с фононными колебаниями.
17. Экспериментальные методы измерения магнитооптических эффектов Керра и Фарадея. Синхронное детектирование. Фотоупругий модулятор света.
18. Методики измерения магнитооптических эффектов на пико и субпикосекундных масштабах времени. Методик накачки-зондирования. Кросс-корреляционные схемы.
19. Применения магнитооптических эффектов. Магнитооптическая запись. Интегральная магнитооптика. Магнитооптические модуляторы, переключатели, изоляторы, дефлекторы. Лазерные гироскопы с магнитооптическими материалами. Магнитоплазмонные интерферометры.

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 (З1, СПК-1).

ЗНАТЬ: способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий (З2, 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 (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 синтеза физической информации в области физики квантовых и	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых	Успешное и систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий

оптических технологий (В1, СПК-1).		оптических технологий	квантовых и оптических технологий	и оптических технологий	
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий (В2, СПК-2).	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий	Успешное и систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и 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 технологий</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 технологий</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-3)	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. А.К.Звездин, В.А.Котов. Магнитооптика тонких пленок. Наука. 1988.
2. Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. Изд-во МГУ. 1985
3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. Наука 1992.
4. А.К. Zvezdin, V.A. Kotov. Modern magneto-optical and magneto-optical materials. IOP Publishing Ltd 1997.

Дополнительная литература

5. Barnes, W. L.; Dereux, A.; Ebbesen, T. W. Surface plasmon subwavelength optics. Nature 2003, 424, 824.
6. Raether, H. Surface plasmons on smooth and rough surfaces and on gratings; Springer, 1988.
7. Temnov, V. V. Ultrafast acousto-magneto-plasmonics. Nature Photon. 2012, 6, 872.
8. Barsukova, M. G.; Shorokhov, A. S.; Musorin, A. I.; Neshev, D. N.; Kivshar, Y. S.; Fedyanin, A. A. Magneto-Optical Response Enhanced by Mie Resonances in Nanoantennas. ACS Photonics 2017, 4, 2390–2395.
9. Grunin, A. A.; Mukha, I. R.; Chetvertukhin, A. V.; Fedyanin, A. A. Refractive index sensor based on magnetoplasmonic crystals. J. Magn. Mater. 2016, 415, 72–76.

10. Martín-Becerra, D.; González-Díaz, J. B.; Temnov, V. V.; Cebollada, A.; Armelles, G.; Thomay, T.; Leitenstorfer, A.; Bratschitsch, R.; García-Martín, A.; González, M. U. Enhancement of the magnetic modulation of surface plasmon polaritons in Au/Co/Au films. Appl. Phys. Lett. 2010, 97, 183114.
11. Belotelov, V. I.; Akimov, I. A.; Pohl, M.; Kotov, V. A.; Kasture, S.; Vengurlekar, A. S.; Gopal, A. V.; Yakovlev, D. R.; Zvezdin, A. K.; Bayer, M. Enhanced magneto-optical effects in magnetoplasmonic crystals. Nat. Nanotechnol. 2011, 6, 370–376.11. A. Couairon, A.Mysyrowicz.
12. Floess, D.; Hentschel, M.; Weiss, T.; Habermeier, H.-U.; Jiao, J.; Tikhodeev, S. G.; Giessen, H. Plasmonic Analog of Electromagnetically Induced Absorption Leads to Giant Thin Film Faraday Rotation of 14°. Phys. Rev. X 2017, 7, 021048.
13. C.F. Bohren, D.R. Huffman, “Absorption and Scattering of Light by Small Particle” Wiley Science Paperback Series 1983.
14. A. Kirilyuk, A.V. Kimel, T. Raising “Ultrafast optical manipulation of magnetic order” Rev. Mod. Phys. 82, 2731
15. <https://www.hindsinstruments.com>

11. Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:

- <http://juser.fz-juelich.de/record/135891?ln=en>

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 ЦКТ ФФ МГУ. 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 «Магнитооптика тонких плёнок и наноструктур» 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.