

Федеральное государственное учреждение  
«Федеральный научно-исследовательский центр  
«Кристаллография и фотоника»  
Российской академии наук»

Принято на Ученом совете ИК РАН  
Протокол № 5 от 22.09.2020 г.

«Утверждаю»

Директор



О.А. Алексеева

« 22 » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ»

**Направление подготовки:** 03.06.01 Физика и астрономия

**Направленность:** «Физика конденсированного состояния» (01.04.07)

**Квалификация выпускника:** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Форма обучения:** очная

**Срок обучения:** 4 года

Квалификация  
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Москва  
2020

Программа дисциплины «Экспериментальные методы оптической спектроскопии» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 876 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», с изменениями и дополнениями от 30 апреля 2015 г.;
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 октября 2017 г. №1027 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени».

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Петров Н.Х.

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Целью** освоения дисциплины «Экспериментальные методы оптической спектроскопии» является изучение основ оптико-спектроскопических измерений.

**Задачи дисциплины:** закрепление знаний аспирантов по теоретическим основам изучаемых методов, знакомство с возможностями и ограничениями методов и овладение практически-ми навыками исследования органических соединений физико-химическими методами:

- Освоение аспирантами знаний в области стационарной и время-разрешенной оптической спектроскопии.
- Изучение общей схемы измерительного устройства и его основные характеристики.
- Приобретение навыков оценки ошибок измерений (в том числе критерий хи-квадрат).
- Изучение метода счета коррелированных фотонов и модуляционно-фазового метода определения динамических характеристик флуоресценции.

## 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы аспирантуры

Дисциплина «Экспериментальные методы оптической спектроскопии» входит в Блок 1 (Дисциплины по выбору) и относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 03.06.01 - Физика и астрономия, направленность «Физика конденсированного состояния» (01.04.07). Индекс дисциплины по учебному плану – Б1.В.ДВ.1.

## 3. Уровень высшего образования

Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

## 4. Год и семестр обучения (если есть)

Второй год, первый и второй семестры обучения.

## 5. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

Освоение дисциплины «Экспериментальные методы оптической спектроскопии» направлено на формирование следующих универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций аспиранта:

а) универсальные (УК):

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4).

б) общепрофессиональные (ОПК):

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

в) профессиональные (ПК):

- способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы с применением современных и перспективных методов исследования и решению про-

- фессиональных задач с учетом мировых тенденций развития области науки в соответствии с направленностью программы (ПК-1);
- способность анализировать результаты научных исследований и представлять их в виде докладов, статей, готовность применять на практике навыки составления и оформления научных отчетов и научно-технической документации (ПК-2);
  - способность использовать профессионально-профилированные навыки и знания в области информационных технологий, программного обеспечения и ресурсов сети Интернет для обработки и анализа полученных научных результатов (ПК-3).

#### 6. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины «Экспериментальные методы оптической спектроскопии» аспирант должен

##### знать:

- место и роль экспериментальных методов в научных исследованиях;
- основы современных представлений в области оптической спектроскопии;
- основные методы оценки ошибок измерения;
- основные методы измерения стационарных и время-разрешенных характеристик электромагнитного излучения в оптическом диапазоне;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

##### уметь:

- пользоваться литературой по спектроскопическим методам для быстрого поиска необходимых физико-химических данных и понятий;
- правильно выбирать экспериментальные методы в соответствии с поставленной задачей по динамике и структуре физико-химических систем;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента.

##### владеть:

- терминологией оптической спектроскопии;
- методами моделирования быстропротекающих процессов в физико-химических системах;
- научной картиной мира.

#### 7. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1	З1 (УК-1) - <b>Знать</b> методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. У1 (УК-1)- <b>Уметь</b> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов. У2 (УК-1) – <b>Уметь</b> при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операци-

	<p>онализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.</p> <p><b>B1 (УК-1)- Владеть</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p><b>B2 (УК-1)- Владеть</b> навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>
УК-3	<p><b>31 (УК-3) - Знать</b> особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах.</p> <p><b>У1 (УК-3)- Уметь</b> следовать нормам проведения научно-исследовательской деятельности, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач.</p> <p><b>У2 (УК-3)- Уметь</b> осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом.</p> <p><b>B1 (УК-3)- Владеть</b> навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах</p> <p><b>B2 (УК-3)- Владеть</b> технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке</p>
УК-4	<p><b>31 (УК-4) - Знать</b> современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.</p> <p><b>32 (УК-4) – Знать</b> стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках</p> <p><b>У1 (УК-4)- Уметь</b> следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках</p> <p><b>B1 (УК-4)- Владеть</b> навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках.</p> <p><b>B2 (УК-4)- Владеть</b> навыками критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках</p> <p><b>B3 (УК-4)- Владеть</b> различными методами, технологиями и типами коммуникаций при осуществлении профессиональной деятельности на государственном и иностранном языках.</p>
ОПК-1	<p><b>31 (ОПК-1)- Знать</b> современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности.</p> <p><b>У1 (ОПК-1)- Уметь</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-</p>

	<p>теоретические методы исследования.</p> <p>V1 (ОПК-1)- <b>Владеть</b> навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.</p> <p>V2 (ОПК-1)- <b>Владеть</b> навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов</p> <p>V3 (ОПК-1)- <b>Владеть</b> навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности</p>
ПК-1	<p>З1 (ПК-1)- <b>Знать</b> современное состояние науки в соответствии с направленностью подготовки</p> <p>У1 (ПК-1)- <b>Уметь</b> рационально и эффективно использовать фундаментальные знания для постановки и осуществления теоретических и экспериментальных исследований.</p> <p>V1 (ПК-1)- <b>Владеть</b> методами планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности подготовки.</p>
ПК-2	<p>З1 (ПК-2)- <b>Знать</b> особенности составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, статей и докладов.</p> <p>У1 (ПК-2)- <b>Уметь</b> применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей.</p> <p>V1 (ПК-2)- <b>Владеть</b> навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей.</p>
ПК-3	<p>З1 (ПК-3)- <b>Знать</b> информационные технологии, программное обеспечение и ресурсы сети Интернет для обработки и анализа полученных научных результатов.</p> <p>У1 (ПК-3)- <b>Уметь</b> использовать профессионально-профилированные знания в области информационных технологий, программного обеспечения и ресурсов сети Интернет для обработки и анализа полученных научных результатов.</p> <p>V1 (ПК-3)- <b>Владеть</b> знаниями в области информационных технологий, программного обеспечения и ресурсов сети Интернет для обработки и анализа полученных научных результатов.</p>

## 8. Структура и содержание дисциплины

### 8.1. Структура дисциплины

Объём дисциплины	Всего часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	180
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего):</b>	72
Лекции	46
Практические занятия	26
<b>Самостоятельная работа (всего):</b>	100
Вид итогового контроля (зачет, зачет с оценкой, экзамен) - ЗАЧЕТ	8

### 8.2. Разделы дисциплины

№ тем	Наименование разделов, тем дисциплины	Часы			
		Всего	Лекции	Практ. занятия	СР
1	Ошибки измерения – грубые (промахи), систематические, случайные.	18	4	0	14
2	Измерительные устройства – общая схема и их передаточные характеристики.	26	6	0	20
3	Измерение аналоговых сигналов.	26	6	10	10
4	Модуляционная техника измерений. Синхронное детектирование.	24	8	0	16
5	Методы счета одиночных фотонов: статистика Пуассона. Метод счета одиночных коррелированных фотонов.	18	8	0	10
6	Датчики. Фотозлектронный умножитель (ФЭУ).	14	2	0	12
7	Модуляционно-фазовый метод определения времен жизни люминесценции.	26	8	8	10
8	Явление поляризации света и ее характеристики.	20	4	8	8
Зачет		8	-	-	-
Итого		180	46	26	100

### 8.3. Лекции и их трудоемкость

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	<b>Ошибки измерения: грубые (промахи), систематические, случайные.</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Введение. Физическая и химическая методология. Ошибки измерения – грубые (промахи), систематические, случайные. Статистическая гипотеза. Распределения Гаусса (нормальное). Математическое ожидание и дисперсия. Выборочное среднее и выборочная дисперсия. Среднеквадратичная ошибка среднего. Критерий $\chi^2$ . Сглаживание (регрессия).

2	<b>Измерительные устройства – общая схема и их передаточные характеристики.</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Измерительные устройства – общая схема, «черный ящик»: датчик, усилитель преобразователь, устройство вывода. Передаточные характеристики. Линейный режим. Нелинейный режим. Динамические свойства. Недемпфированный режим. Передемпфированный режим. Время отклика. Функция Хэвисайда, «ступенька». Функция Дирака. Периодический сигнал. Частотная характеристика. Обратная связь (улучшение стабильности, линейности системы).
3	<b>Измерение аналоговых сигналов.</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Аналоговый сигнал, квадрат амплитуды – энергия сигнала. Отношение сигнала к шуму (по мощности). Предел чувствительности ( $c/\text{ш}=1$ ). Метод усреднения. Интегрирование аналогового сигнала (фильтр НЧ). Примеры спектральной плотности шумов (фликкер шум). Дробовой шум (формула Шотки).
4	<b>Модуляционная техника измерений. Синхронное детектирование.</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Синхронное детектирование. Модуляционная техника измерений. Датчики. Вакуумный фотоэлемент: фотоэффект, спектральная чувствительность, линейность, полоса частот. Темновой ток. Формула Ричардсона. Охлаждение фотокатода – холодильник Пельтье. Полупроводниковый фотоэлемент: p-n переход, фотодиод и светодиод. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). ФЭУ с микроканальным умножением электронов.
5	<b>Методы счета одиночных фотонов: статистика Пуассона. Метод счета одиночных коррелированных фотонов.</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Спектрофотометрия. Закон Ламберта – Бэра. Спектрофотометр – типичная оптическая схема, принцип работы. Спектрофлуориметрия. Виды люминесценции - флуоресценция, фосфоресценция, замедленная флуоресценция. Методы измерения спектров флуоресценции и фосфоресценции, спектров возбуждения люминесценции. Исправление спектров люминесценции. Спектрофлуориметр - оптическая схема, принцип работы.
6	<b>Датчики. Фотоэлектронный</b>	



	<b>умножитель (ФЭУ).</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Метод счета одиночных коррелированных фотонов. Импульсные источники света. Амплитудный дискриминатор. Время-амплитудный преобразователь. Многоканальный амплитудный преобразователь. Связь между распределением по временам задержки отклика системы на импульсное возбуждение и зависимости интенсивности флуоресценции от времени. Отклик на возбуждение нулевого протяжения, но конечной энергии (функция Дирака). Свертка, обращение свертки (деконволюция). Представление затухания флуоресценции в виде суммы экспонент (физ. смысл такого представления).
7	<b>Модуляционно-фазовый метод определения времен жизни люминесценции.</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Модуляционно-фазовый метод определения времен жизни. Основные формулы для мономолекулярного распада. Коэффициент модуляции и сдвиг фазы как функция частоты модуляции. Исторические замечания. Основные формулы для общего случая мультиэкспоненциального затухания флуоресценции. Источники возбуждения флуоресценции. Методы модуляции (ячейка По-кельса).
8	<b>Явление поляризации света и ее характеристики.</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
		Явление поляризации света. Деполяризация флуоресценции. Поляризатор. Линейная, циркулярная (круговая) поляризации. Поляризационное отношение, степень поляризации, анизотропия поляризации. Зависимость анизотропии поляризации от времени.

Основная часть работы аспиранта является самостоятельной и включает изучение рекомендованной руководителем дисциплины литературы, работу с источниками, написание текстов, составление и защиту презентаций, подготовку к итоговой аттестации и т.п.

По согласованию с руководителем дисциплины возможно проведение индивидуальных консультаций и собеседования с руководителем дисциплины.

В случае отсутствия аудиторных занятий или невозможности их посещать руководитель дисциплины предлагает аспиранту соответствующую отработку с тем же объемом оценки проделанной работы.

От аспиранта требуется посещение занятий, выполнение заданий руководителя дисциплины, знакомство с рекомендованной литературой, по согласованию с научным руководителем возможна подготовка зачетной письменной работы (реферата, аналитической записки, обзора источников или литературы и т.п.). При аттестации аспиранта оценивается качество работы на занятиях (умение вести научную дискуссию, способность четко и ёмко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной научно-исследовательской деятельности в избранной области, качество выполнения заданий (презентаций, докладов, аналитических записок и др.).

## 9. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Итоговая аттестация для дисциплины проводится в форме зачета.

Условия аттестации, а также вопросы для повторения (контрольные вопросы) и задания руководителя дисциплины определяются в начале курса. Обучающийся должен показать владение предметом, знание рекомендованных статей и монографий, материалов конференций и т.п., умение выполнять устные и письменные задания руководителя дисциплины.

На зачете обучающимся предлагается ответить на два теоретических вопроса по материалам учебной дисциплины.

При проведении зачета ответ считается зачтенным в случае более 50 % правильных ответов на теоретические вопросы. Ответ считается не зачтенным, если материал усвоен аспирантом менее, чем на 50%.

Для получения более глубоких и устойчивых знаний аспирантам рекомендуется изучать дополнительную литературу, список которой приведен в рабочей программе дисциплины.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: поисковые сайты, базы данных, электронные библиотеки.

### 9.1. Перечень и карта компетенций дисциплины

Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина «Экспериментальные методы оптической спектроскопии», и их «карты»:

Вид дисциплины		Компетенции  Наименование дисциплины	Универсальные компетенции					Общепрофессиональные компетенции		Профессиональные компетенции				
			УК-1	УК-2	УК-3	УК-4	УК-5	ОПК-1	ОПК-2	ПК-1	ПК-2	ПК-3	ПК-4	ПК-5
Вариативная часть	Обязательная дисциплина	«Экспериментальные методы оптической спектроскопии»	+		+	+		+		+	+	+		

Критерии оценивания компетенций приведены в основной образовательной программе по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 - Физика и астрономия, направленность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

### 9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

1. Основные характеристики случайных процессов.
2. Критерий  $\chi^2$ . Сглаживание (регрессия).
3. Функция корреляции как критерий случайности
4. Частотная характеристика.
5. Обратная связь (улучшение стабильности, линейности системы).
6. Примеры спектральной плотности шумов (фликкер шум).
7. Дробовой шум (формула Шотки).

8. Естественные пределы измерений физических величин. Тепловой шум.
9. Гальванометр. Измерение тока счетом отдельных электронов.
10. Вакуумный фотоэлемент: фотоэффект, спектральная чувствительность, линейность, полосу частот.
11. Темновой ток. Формула Ричардсона.
12. ФЭУ с микроканальным умножением электронов.
13. Диаграмма Яблонского.
14. Определение времени жизни флуоресценции.
15. Свертка, обращение свертки (деконволюция).
16. Представление затухания флуоресценции в виде суммы экспонент (физ. смысл такого представления).
17. Кинетическая модель двух флуоресцирующих состояний, связанных между собой. Метод квазистационарных состояний.
18. Коэффициент модуляции и сдвиг фазы как функция частоты модуляции.
19. Источники возбуждения флуоресценции.
20. Поляризационное отношение, степень поляризации, анизотропия поляризации.
21. Зависимость анизотропии поляризации от времени.
22. Вывод формулы Левшина-Перрена.

## 11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:

При выполнении практических работ используются компьютеры с характеристиками не ниже Pentium 4 - 3Гц/512Мб/80ГБ с 17-дюймовыми мониторами, объединенные в локальную сеть, подключенную через сеть института к Интернет. Для получения необходимой информации используются Web-ресурсы Интернет и локальная библиотека электронных материалов. При чтении лекции используются: ноутбук, проектор, экран, маркерная доска.

Для получения экспериментальных данных может быть использовано кристаллизационное оборудование лабораторий ИК РАН, электронографы, оптические, атомно-силовые и электронные микроскопы лабораторий и Центра коллективного пользования ИК РАН.

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература:

1. Современная кристаллография. В четырех томах. Вайнштейн Б.К. 1979 г. Издательства Наука.
2. Физика конденсированного состояния. Учебное пособие. Байков Ю.А., Кузнецов В.М. 2014г. Издательство Бином. Лаборатория знаний. 293 с.
3. Павлов Павел Васильевич, Хохлов Александр Федорович Физика твердого тела: Учебник. Изд. 4-е. – М.: ЛЕНАНД. 2015. – 496с.
4. Наука и жизнь: моя конвергенция. Избранные научные труды. М.В. Ковальчук. 2011 г. Москва, ИКЦ «Академкнига». Тома 1 и 2.
5. Теоретическая физика. В 10-и томах. Том 5. Статистическая физика. В 2-х частях. Часть 1. Учебное пособие. Гриф МО РФ. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц 2013г. Издательство Физматлит, 293 с.

6. Теоретическая физика. Учебное пособие. В 10-и томах. Том IX: Статистическая физика. Часть 2: Теория конденсированного состояния. Гриф МО РФ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц 2015г. Издательство Физматлит, 440 с.
7. Дифракционный структурный анализ. А.С. Илюшин, А.П. Орешко. 2013 г. М.: физический факультет МГУ, Издательский дом «Крепостновъ». 616 с.
8. Хельтье Х.-Д. Молекулярное моделирование: теория и практика / Х.-Д. Хельтье, В. Зиппль, Д. Роньян, Г. Фолькерс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 318с.:
9. Хельтье Х.-Д. Молекулярное моделирование: теория и практика / Х.-Д. Хельтье, В. Зиппль, Д. Роньян, Г. Фолькерс; пер. с англ. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 319с.

#### Дополнительная литература:

1. Жидкие кристаллы Структура и свойства Л. М. Блинов 2015 г. Издательство Либроком. 484 с.
2. Кристаллология. Основные представления о кристаллах, кристаллических веществах и методах их изучения. Задачи по геометрической кристаллографии и анализ их решений. Завьялов Е.Н. 2016г. Издательство Книжный дом «Университет» (КДУ), 314 с.
3. Фейнман Ричард Ф., Лейтон Роберт Б., Сэндс Мэтью  
Фейнмановские лекции по физике: Вып.1, 2: Современная наука о природе. Законы механики. Пространство. Время. Движение: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. Я.А. Смородинского. Изд. 11-е. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 448с.; Вып.3: Излучение. Волны. Кванты: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. Я.А. Смородинского. Изд. 10-е. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015. – 256с.; Вып.4: Кинетика. Теплота. Звук: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. Я.А. Смородинского. Изд. 10-е. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015. - 272с.; Вып.5: Электричество и магнетизм: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. Я.А. Смородинского. Изд. стереотип. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016. - 304с.; Вып.6: Электродинамика: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. Я.А. Смородинского. Изд. 8-е. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015. - 360с.; Вып.7: Физика сплошных сред: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. Я.А. Смородинского. Изд. 8-е. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016. - 288с.; Вып.8, 9: Квантовая механика: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. Я.А. Смородинского. Изд. 8-е. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. - 528с.
4. Фейнман Ричард Ф., Лейтон Роберт Б., Сэндс Мэтью  
Фейнмановские лекции по физике: Задачи и упражнения с ответами и решениями к вып. 1-4: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. и с предисл. А.П. Леванюка. Изд. 9-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015. - 280с.; Задачи и упражнения с ответами и решениями к вып. 5-9: Учебное пособие. Пер. с англ./Под ред. А.П.Леванюка. Изд. 9-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016. - 272с.

Периодические издания, электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.:

РИНЦ	<a href="https://elibrary.ru/orgs.asp">https://elibrary.ru/orgs.asp</a>
Web of Science	<a href="http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&amp;search_mode=GeneralSearch&amp;SID=F2LiEv3BvmxwoCqmOmV&amp;preferencesSaved=">http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&amp;search_mode=GeneralSearch&amp;SID=F2LiEv3BvmxwoCqmOmV&amp;preferencesSaved=</a>

<b>Scopus</b>	<a href="https://www.scopus.com/home.uri">https://www.scopus.com/home.uri</a>
<b>Google Scholar citations</b>	<a href="https://scholar.google.ru/citations?user=NbJEoV8A-AAAJ&amp;hl=ru">https://scholar.google.ru/citations?user=NbJEoV8A-AAAJ&amp;hl=ru</a>
<b>IOP</b> Institute of Physics материалы компании IOP Publishing Limited, а именно, база данных IOP Journal	<a href="http://www.iop.org/">http://www.iop.org/</a>
<b>AIP</b> материалы компании American Institute of Physics	<a href="https://www.aip.org/">https://www.aip.org/</a>
<b>CASC</b> материалы издательства EBSCO Publishing, а именно база данных CASC	<a href="https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases">https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases</a>
<b>APS</b> Журналы Американского физического общества база данных APS Online Journals	<a href="https://www.aps.org/">https://www.aps.org/</a>
<b>IEEE</b> материалы компании The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, а именно, база данных IEEE/IEL	<a href="http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>
<b>RSC</b> материалы Royal Society of Chemistry	<a href="http://pubs.rsc.org/">http://pubs.rsc.org/</a>
<b>Wiley</b> материалы компании John Wiley & Sons Ltd., а именно база данных Wiley Journals	<a href="http://onlinelibrary.wiley.com/">http://onlinelibrary.wiley.com/</a>
<b>Inspec</b> материалы издательства EBSCO Publishing, а именно база данных INSPEC	<a href="https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases/inspec">https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases/inspec</a>
<b>ProQuest</b> материалы компании и PROQUEST LLC, а именно база данных Proquest Dissertations and Theses Global	<a href="https://www.proquest.com/products-services/pqdtglobal.html">https://www.proquest.com/products-services/pqdtglobal.html</a>
<b>SpringerNature</b> Зарубежные электронные ресурсы издательства, а именно: Springer Journals Springer Protocols Springer Materials Springer Reference zbMATH Nature Journals Nano Database	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22ReferenceWork%22">http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22ReferenceWork%22</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a> <a href="https://nano.nature.com">https://nano.nature.com</a>
<b>Elsevier B.V. Science Direct</b>	

<p><b>Complete Freedom Collection</b>  зарубежные электронные ресурсы издательства Elsevier «Freedom Collection» и коллекция электронных книг «Freedom Collection eBook collection», размещенных на платформе Science Direct</p>	<p><a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a></p>
<p><b>CCDC - Cambridge Crystallographic Data Centre</b>  Зарубежные электронные ресурсы Кембриджского центра структурных данных</p>	<p><a href="https://www.ccdc.cam.ac.uk/">https://www.ccdc.cam.ac.uk/</a></p>
<p><b>Scifinder</b>  База данных</p>	<p><a href="https://scifinder.cas.org">https://scifinder.cas.org</a></p>

13. Язык преподавания - русский.