

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Малышев А.И.
декан _____
« 30 » _____ августа 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
«Современные методы оптической
спектроскопии твердотельных структур и
объемных материалов»

Уровень подготовки

аспирантура

Направление подготовки

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность образовательной программы

01.04.10 «Физика полупроводников»

Квалификация

Исследователь, преподаватель-исследователь

Форма обучения

очная

Нижний Новгород, 2021

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов» относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору и изучается на 2 году обучения в 3 семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

Освоение дисциплины «Современные методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов» опирается на знания, умения, навыки и компетенции в области общей физики, сформированные на предшествующих уровнях образования, и направлено на углубление теоретических знаний и совершенствование практических навыков и умений в научных и научно-прикладных исследованиях. Целью освоения дисциплины является практическое изучение ряда базовых методов оптической спектроскопии, основанное на: 1. изучении принципов и теоретических основ оптической спектроскопии; 2. изучении аппаратной и приборной базы оптической спектроскопии; 3. практическом изучении методических особенностей исследований свойств твердотельных структур и объёмных материалов на базе ряда распространённых методов оптической спектроскопии.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<u>Знать</u> теоретические основы методов оптической спектроскопии материалов, важнейшие принципиальные и технические характеристики современных спектральных приборов и их ключевых элементов, принципиальные и технические характеристики ряда других элементов, используемых для анализа оптического излучения, методы сбора, анализа и обработки спектроскопических данных. <u>Уметь</u> выбирать методы и оборудование для оптической спектроскопии, адекватные особенностям исследуемых материалов и целям их исследования, формулировать цели и задачи конкретного спектроскопического эксперимента, модифицировать схему эксперимента или развивать метод исследования с учетом нестандартных ситуаций или результатов. <u>Владеть</u> навыками физического эксперимента, навыками сборки и юстировки оптических схем, включающих спектроскопическое и иное вспомогательное и измерительное оборудование, навыками сбора, визуализации, анализа и обработки экспериментальных данных с использованием современных средств.
ПК-1 Способность к	<u>Знать</u> фундаментальные основы явлений (в том числе – междисциплинарного характера), которые могут быть положены в основу перспективных

<p>методически грамотному изложению материала учебных дисциплин при чтении лекций, построении практических занятий, разработке учебных пособий и к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы, получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности 01.04.10 «Физика полупроводников»</p>	<p>методов исследования новых материалов.</p> <p><u>Уметь</u> использовать фундаментальные и/или практические результаты (в том числе – междисциплинарного характера), полученные в ходе выполнения своей научно-исследовательской работы, для разработки новых моделей сложных физических процессов и объектов и(или) рекомендаций по выбору дополнительных методов их исследования.</p> <p><u>Владеть</u> навыками анализа моделей сложных физических процессов и/или объектов, навыками использования новых фундаментальных и/или практических результатов, полученных при исследованиях новых материалов, которые могут быть эффективно применены для разработки новых методик контроля структуры или свойств перспективных материалов.</p>
--	---

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 37 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, в том числе 2 часа мероприятия текущего контроля успеваемости, 1 час - мероприятия промежуточной аттестации), 35 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Структура и объём дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очное					
Тема 1. Принципы и теоретические основы оптической спектроскопии.	14	12	0	0	12	10
Тема 2. Аппаратурная и приборная база оптической спектроскопии	14	12	0	0	12	10
Тема 3. Основные практические методы оптической спектроскопии и их	22	12	0	0	12	15

особенности						
ВСЕГО	71	36	0	0	36	35
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация - зачет						

Содержание дисциплины

№п /п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий	Форма текущего контроля
1	Принципы и теоретические основы оптической спектроскопии	Электромагнитное излучение и шкала электромагнитных волн. Оптическое излучение. Законы теплового излучения. Равновесное тепловое излучение. Оптические спектры излучения атомов. Взаимодействие излучения с веществом: оптические свойства диэлектриков, металлов, полупроводников, твердотельных наноструктур. Отражение, поглощение, люминесценция, фотоэффект, рамановское рассеяние и другие эффекты взаимодействия излучения с веществом. Принципиальные методы исследования спектрального состава излучения. Общие принципиальные характеристики спектральных приборов. Базы данных длин волн спектральных линий химических элементов.	Лекции	Опрос (собеседование)
2	Аппаратурная и приборная база оптической спектроскопии	Характеристики некоторых оптических сред и материалов. Просветляющие и зеркальные покрытия. Фильтрация и модуляция излучения. Источники теплового излучения. Источники нетеплового излучения (газоразрядные, светодиодные, лазерные и др.). Приёмники оптического излучения. Матричные приёмники излучения. Особенности спектральных приборов различных типов. Диспергирующие и недиспергирующие спектральные приборы, эшелле-спектрометры, интерференционные спектральные приборы, фурье-	Лекции, лабораторные демонстрации	Опрос (собеседование)

		<p>спектрометры. Щелевые и бесщелевые спектрометры. Оптика диспергирующих призм и дифракционных решёток, их основные особенности, типы и характеристики. Монохроматоры, спектрометры, спектрографы. Электронное измерительное оборудование, используемое в оптической спектроскопии. Метод синхронного детектирования слабых сигналов, селективные усилители с синхронным детектированием. Сопряжение спектральной установки с компьютером, оцифровка, визуализация, анализ и обработка спектральных данных.</p>		
3	<p>Основные практические методы оптической спектроскопии и их особенности</p>	<p>Калибровка спектров по интенсивности и калибровка спектральных приборов по длинам волн. Измерение спектров пропускания (поглощения) и отражения с помощью спектрометров на основе дифракционных решёток и с помощью фурье-спектрометров. Измерение спектров фотолюминесценции и электролюминесценции. Спектральные исследования твердых тел при низких температурах (образец в криостате). Абсорбционная и фототермоионизационная спектроскопия фотоактивных примесей в полупроводниках. Фотоэлектрическая спектроскопия в p-i-n диоде. Фотоэлектрическая спектроскопия на контактах полупроводника с металлом (барьер Шоттки) и электролитом. Спектроскопия барьерной фотопроводимости. Экспериментальная методика оценки квадратичной нелинейной восприимчивости на порошковых образцах нелинейно-оптических кристаллов.</p>	<p>Лекции, лабораторные демонстрации</p>	<p>Опрос (собеседование), отчет</p>

4. Образовательные технологии

В процессе освоения дисциплины «Современные методы оптической спектроскопии

твердотельных структур и объёмных материалов» используются следующие образовательные технологии: на лекциях – диалоговая форма проведения лекций; на лабораторных занятиях – проблемный метод изложения материала и непосредственное выполнение физических экспериментов. Самостоятельная работа аспирантов связана в том числе с применением компьютерных и информационных технологий.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В ходе освоения дисциплины может осуществляться подготовка реферата. Тема реферата должна удовлетворять двум требованиям:

1. определяться сферой научных интересов аспиранта;
2. соответствовать содержанию изучаемого курса.

Тема реферата формулируется на консультации аспиранта со своим научным руководителем, рассматривается и утверждается руководителем практических занятий, который также осуществляет постоянное консультирование в ходе подготовки реферата.

Реферат – письменная работа объемом 15-20 печатных страниц, связанная с темой диссертационного исследования и позволяющая аспиранту осознать свою профессиональную работу в более широком контексте научных исследований.

Структура реферата:

1. Титульный лист.
 2. На отдельной странице следует оглавление (содержание), в котором указаны названия всех разделов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие начало этих разделов в тексте реферата.
 3. Введение объемом в 1 страницу.
 4. Основная часть реферата - одна или несколько глав (подпунктов, разделов) - предполагает осмысленное и логичное изложение главных положений и идей, их актуальности, общенаучной значимости, новизны, способности влиять на исследовательские традиции. В тексте обязательны ссылки на первоисточники цитирования.
 5. Реферат заканчивается краткими выводами, в которых отмечается, как выполнены задачи и достигнуты поставленные цели.
 6. Приложения могут содержать графики, таблицы, расчеты и другие необходимые для целостности реферата вспомогательные материалы.
 7. Библиография (список литературы): указывается использованная для написания реферата литература. Список составляется согласно правилам библиографического описания.
- Защита реферата сопровождается выступлением по теме реферата, презентацией и дискуссией, модератором которой является преподаватель.

Примеры тем рефератов:

1. Спектральный анализ как мощный метод исследования вещества - обзор методов.
2. Спектральный анализ как мощный метод исследования вещества - обзор приложений.
3. Спектроскопия активных ионов в кристаллах (ионы переходных металлов, редкоземельные ионы).
4. Оптико-эмиссионный спектральный анализ для исследования элементного состава вещества.
5. Спектроскопия твердотельных наноструктур.
6. Рамановская спектроскопия.
7. Решеточные спектрометры: типы, конструкции, параметры, особенности применения.
8. Фурье-спектроскопия и фурье-спектрометры.
9. Эшелле-спектрометры.
10. Спектроскопические методы в астрофизике.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине включающий:

6.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведены в Приложении 1.

6.2. Описание шкал оценивания.

Критерии оценок зачета:

«Зачтено» – владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, наличие хотя бы фрагментарных знаний по каждому из основных вопросов, способность критически анализировать и сравнивать получаемые научные результаты. Приняты все отчёты.

«Незачтено» – отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Хотя бы один из отчётов не принят.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Аттестация по дисциплине проходит в виде зачета по курсу.

Зачет выставляется по совокупности данных о посещаемости лекций и лабораторных занятий, результатам опросов по различным разделам дисциплины и отчетам по лабораторным работам, а также по результатам защиты реферата.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.

Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических действий или лабораторных работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на принятие решения в нестандартной ситуации;
- задания на оценку последствий принятых решений;
- задания на оценку эффективности выполнения действия.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций:

1. Перечислить и кратко охарактеризовать основные процессы взаимодействия излучений с твердыми телами.
2. Перечислить основные параметры, характеризующие работу спектральной оптической системы.
3. Изобразить принципиальную оптическую схему спектрального прибора (какого-либо типа), использующего: дифракционную решётку, диспергирующую призму.
4. Предложить вариант(ы) оптической схемы и методики, пригодной для проведения спектроскопического эксперимента по исследованию заданной спектральной характеристики некоторого материала (по выбору преподавателя).

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания, приведены в фонде оценочных средств.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Практическое руководство по оптической спектроскопии твердотельных наноструктур и объёмных материалов. / А.П. Горшков, М.О. Марычев / Электронное уч. пособие. ННГУ, Нижний Новгород. 2007. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/80.pdf>
2. Лебедева В.В. Техника оптической спектроскопии. М., Изд-во Моск. ун-та, 1977. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=81327> 2 экз
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=81348> 2 экз

Дополнительная литература:

1. Тимофеев В.Б. Оптическая спектроскопия объёмных полупроводников и наноструктур: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2014. — 512 с. http://www.issp.ac.ru/ebooks/books/open/Timofeev_Optic_sp.pdf
2. Милославский В.К. Спектроскопия твердого тела: учебное пособие для студентов старших курсов, аспирантов и научных работников. /В.К. Милославский, Л.А. Агеев. — Харьков: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2013 г. — 276 с. http://dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/9698/2/Miloslavsky_Ageev_Spektroskopiya_tverdogo_tela.pdf
3. Сизых А.Г., Герасимова М.А. Оптическая спектроскопия. — 244 с. Научная библиотека Сибирского федерального университета. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/127/u_course.pdf
4. А.М. Ефимов, Е.С. Постников. Физические основы и формализм оптики и спектроскопии оптических материалов. Учеб. пособие. — СПб: Университет ИТМО, 2015. — 111 с. <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1712.pdf>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

1. <https://www.nist.gov/pml/productsservices/physical-reference-data> - Physical Reference Data

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий лекционного типа и лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное спектроскопическое и измерительное оборудование Лаборатории оптической спектроскопии НОЦ "Физика твердотельных наноструктур" ННГУ;
- лицензионное программное обеспечение (Spectra Sense (Acton Research Corp.), Digilab Resolutions Pro (Varian Inc.), SRS-272 (Stanford Research Systems)).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Авторы:

_____ М.О. Марычев, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры кристаллографии и экспериментальной физики физического факультета;

_____ А.П. Горшков, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики полупроводников и оптоэлектроники физического факультета.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой кристаллографии и экспериментальной физики физического факультета, доктор физико-математических наук, профессор Е.В. Чупрунов:

Программа рекомендована на заседании кафедры кристаллографии и экспериментальной физики физического факультета от _____ года, протокол № _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от _____ года, протокол № _____

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

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: теоретические основы методов оптической спектроскопии материалов, важнейшие принципиальные и технические характеристики современных спектральных приборов и их ключевых элементов, принципиальные и технические характеристики ряда других элементов, используемых для анализа оптического излучения, методы сбора, анализа и обработки спектроскопических данных.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание теоретических основ оптических методов исследования вещества, происхождения спектров излучения атомов.	В целом успешное знание теоретических основ оптических методов исследования вещества, происхождения спектров излучения атомов, некоторых методов спектроскопических исследований и принципиальных характеристик спектральных приборов; представление о аппаратурной и приборной базе оптической спектроскопии.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание теоретических основ оптических методов исследования вещества, происхождения спектров излучения атомов, некоторых методов спектроскопических исследований и принципиальных характеристик спектральных приборов; представление о аппаратурной и приборной базе оптической спектроскопии.	Успешное и систематическое знание теоретических основ оптических методов исследования вещества, происхождения спектров излучения атомов, некоторых методов спектроскопических исследований и принципиальных характеристик спектральных приборов; представление о аппаратурной и приборной базе оптической спектроскопии, методѣ сбора, анализа и обработки спектроскопических данных.

<p>УМЕТЬ: выбирать методы и оборудование для оптической спектроскопии, адекватные особенностям исследуемых материалов и целям их исследования, формулировать цели и задачи конкретного спектроскопического эксперимента, модифицировать схему эксперимента или развивать метод исследования с учетом нестандартных ситуаций или результатов.</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Частично освоенное умение выбирать методы и оборудование для оптической спектроскопии, характеристики которых были бы адекватны особенностям исследуемых материалов и целям их исследования.</p>	<p>В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение выбирать методы и оборудование для оптической спектроскопии, адекватные особенностям исследуемых материалов и целям их исследования.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать методы и оборудование для оптической спектроскопии, адекватные особенностям исследуемых материалов и целям их исследования, формулировать цели и задачи конкретного спектроскопического эксперимента.</p>	<p>Сформированное умение выбирать методы и оборудование для оптической спектроскопии, адекватные особенностям исследуемых материалов и целям их исследования, формулировать цели и задачи конкретного спектроскопического эксперимента, модифицировать схему эксперимента или развивать метод исследования с учетом нестандартных ситуаций или результатов.</p>
<p>ВЛАДЕТЬ: навыками физического эксперимента, навыками сборки и юстировки оптических схем, включающих спектроскопическое и измерительное оборудование, навыками сбора, визуализации, анализа и обработки экспериментальных данных с использованием современных средств.</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков физического эксперимента, навыков сборки и юстировки простейших оптических схем.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков физического эксперимента, навыков сборки и юстировки оптических схем, включающих спектроскопическое и измерительное оборудование.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков физического эксперимента, навыков сборки и юстировки оптических схем, включающих спектроскопическое и измерительное оборудование, навыков сбора и визуализации данных эксперимента.</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков физического эксперимента, навыков сборки и юстировки оптических схем, включающих спектроскопическое и измерительное оборудование, навыков сбора, визуализации, анализа и обработки экспериментальных данных с использованием современных средств.</p>

ПК-1. Способность к методически грамотному изложению материала учебных дисциплин при чтении лекций, построении практических занятий, разработке учебных пособий и к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы, получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направлению 01.04.10 «Физика полупроводников».

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: фундаментальные основы явлений (в том числе – междисциплинарного характера), которые могут быть положены в основу перспективных методов исследования новых материалов.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание физико-химических основ явлений (в том числе – междисциплинарного характера), которые могут быть положены в основу перспективных методов исследования новых материалов.	В целом успешное знание физико-химических основ явлений (в том числе – междисциплинарного характера), которые могут быть положены в основу перспективных методов исследования новых материалов.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание физико-химических основ явлений (в том числе – междисциплинарного характера), которые могут быть положены в основу перспективных методов исследования новых материалов.	Успешное и систематическое знание физико-химических основ явлений (в том числе – междисциплинарного характера), которые могут быть положены в основу перспективных методов исследования новых материалов.
УМЕТЬ: использовать фундаментальные и/или практические результаты (в том числе – междисциплинарного характера), полученные в ходе выполнения своей научно-исследовательской работы, для разработки новых моделей сложных физических процессов и объектов и(или) рекомендаций по выбору дополнительных методов их исследования.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение использовать фундаментальные и/или практические результаты (в том числе – междисциплинарного характера), полученные в ходе выполнения своей научно-исследовательской работы, для разработки новых моделей сложных физических процессов и объектов и(или) рекомендаций	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение использовать фундаментальные и/или практические результаты (в том числе – междисциплинарного характера), полученные в ходе выполнения своей научно-исследовательской работы, для разработки новых моделей сложных физических процессов и объектов и(или)	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать фундаментальные и/или практические результаты (в том числе – междисциплинарного характера), полученные в ходе выполнения своей научно-исследовательской работы, для разработки новых моделей сложных физических процессов и объектов и(или) рекомендаций по выбору дополнительных методов их исследования.	Сформированное умение использовать фундаментальные и/или практические результаты (в том числе – междисциплинарного характера), полученные в ходе выполнения своей научно-исследовательской работы, для разработки новых моделей сложных физических процессов и объектов и(или) рекомендаций по выбору дополнительных методов их исследования.

		по выбору дополнительных методов их исследования.	рекомендаций по выбору дополнительных методов их исследования.		
ВЛАДЕТЬ: навыками анализа моделей сложных физических процессов и/или объектов, навыками использования новых фундаментальных и/или практических результатов, полученных при исследованиях новых материалов, которые могут быть эффективно применены для разработки новых методик контроля структуры или свойств перспективных материалов.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа моделей сложных физических процессов и/или объектов, навыков использования новых фундаментальных и/или практических результатов, полученных при исследованиях новых материалов, которые могут быть эффективно применены для разработки новых методик контроля структуры или свойств перспективных материалов.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа моделей сложных физических процессов и/или объектов, навыков использования новых фундаментальных и/или практических результатов, полученных при исследованиях новых материалов, которые могут быть эффективно применены для разработки новых методик контроля структуры или свойств перспективных материалов.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа моделей сложных физических процессов и/или объектов, навыков использования новых фундаментальных и/или практических результатов, полученных при исследованиях новых материалов, которые могут быть эффективно применены для разработки новых методик контроля структуры или свойств перспективных материалов.	Успешное и систематическое применение навыков анализа моделей сложных физических процессов и/или объектов, навыков использования новых фундаментальных и/или практических результатов, полученных при исследованиях новых материалов, которые могут быть эффективно применены для разработки новых методик контроля структуры или свойств перспективных материалов.