

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет
Кафедра физических методов исследования твёрдого тела



Рабочая программа дисциплины
ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **Все профили подготовки**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	72	32			22				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	4
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «**Физические методы исследования твердого тела с использованием синхротронного излучения**» имеет своей целью дать общие представления о синхротронном излучении и тех физических методиках, которые могут быть реализованы с использованием синхротронного излучения при исследовании твердого тела, об особенностях использования этих методиках и их выборе в зависимости от исследовательской задачи.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК 1.3. Анализирует закономерности изучаемых процессов и явлений при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать теорию генерации синхротронного излучения и его взаимодействия с твердым телом; основные методы и подходы к определению локальной атомной, электронной и магнитной структуры объектов с различной степенью дальнего; возможности экспериментальных методов, реализованных с использованием синхротронного излучения, для исследования твердого тела, о принципах действия экспериментальной аппаратуры, о погрешности определяемых величин.</p> <p>Уметь планировать сложные физико-химические исследования твердого тела (функциональные материалы, наноструктуры, полупроводниковые пленки, и т.д.), выбрав соответствующие решаемой задаче методы исследования.</p> <p>Владеть теоретическими представлениями об особенностях взаимодействия синхротронного излучения с твердым телом (рассеяние, поглощение, радиационный распад); навыками работы с системами подачи заявок на проведение исследований в российских и зарубежных центрах синхротронного излучения.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «**Физические методы исследования твердого тела с использованием синхротронного излучения**» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки 03.04.02 Физика (профиль подготовки «Общая и фундаментальная физика»). Курс «**Физические методы исследования твердого тела с использованием синхротронного излучения**» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	72	32	16		22				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, дифференцированный зачёт.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: заслушивание сообщений, самостоятельно подготовленных магистрантами по заданным темам;
- промежуточная аттестация: дифференцированный зачёт.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часов;
- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 22 часа;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачёт) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, дифференцированный зачёт) составляет 34 часа.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Природа синхротронного излучения	1-3	12	6		6	
2.	Теория взаимодействия рентгеновского излучения с веществом	4-5	8	4		4	
3.	Спектральные методы (РФЭС, XANES/EXAFS, эмиссионная спектроскопия)	6-9	18	8		10	
4.	Дифракция рентгеновского излучения	10-11	10	4		6	
5	Методики, использующие когерентность излучения (фазоконтрастная томография, фотон-корреляционная спектроскопия)	12-13	10	4		6	
6	Применение физических методов в режиме in situ/operando	14-15	8	4		4	
7	Современные центры синхротронного излучения	16	4	2		2	
8	Промежуточная аттестация (дифференцированный зачет)	17					2
Всего			72	32		38	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Природа синхротронного излучения (6 часов).

1. Характеристическое и тормозное излучение. Система обозначения рентгеновских переходов. Синхротронное излучение: его свойства и получение. Принципиальное устройство синхротрона. Паразитическое СИ — источники СИ 1-го поколения.
2. Квантовая теория синхротронного излучения. Квантовые состояния электрона в магнитном поле. Волновая функция. Взаимодействие электрона с полем излучения. Квантовые закономерности в интенсивности СИ. Экспериментальное исследование влияния СИ на движение электронов в циклическом ускорителе.
3. Характеристики источников СИ. Критическая энергия спектра синхротронного излучения. Характеристики интенсивности фотонного излучения. Спектрально-угловое распределение мощности. Эмиттанс. Формула Шотта. Особенности углового распределения мощности.

Раздел 2. Теория взаимодействия рентгеновского излучения с веществом (4 часа).

4. Поглощение рентгеновского излучения. Типы взаимодействия. Каналы распада. Фотоэлектрон. Флуоресценция.

5. Отражение и рассеяние рентгеновского излучения. Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Комптоновское рассеяние. Томпсоновское рассеяние. Связанный электрон. Рассеяние на атоме. Преломление и отражение Дифракция.

Раздел 3. Спектральные методы (РФЭС, XANES/EXAFS, эмиссионная спектроскопия) (8 часов)

6. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Количественный анализ. Глубина анализа. Послойный анализ. Химсдвиг. Теорема Купманса. Эффект релаксации. Система обозначений и анализ Оже-спектров. Понятие Оже-параметра. Система обозначения линий. Форма линий. Спин-орбитальное расщепление. Калибровка спектрометра. Положение линий относительно уровня Ферми спектрометра. Методы учета эффекта зарядки образцов.
7. Спектроскопия рентгеновского поглощения – XANES. Понятие края рентгеновского поглощения. Тонкая структура спектров рентгеновского поглощения. Метод XANES. Правила отбора. Получение, обработка и интерпретация спектров.
8. Спектроскопия рентгеновского поглощения – EXAFS. Поглощение рентгеновского излучения. Тонкая структура спектров рентгеновского поглощения. Метод EXAFS. Возможности и ограничения метода EXAFS. Получение и обработка спектров. Точность определения координационных чисел и межатомных расстояний.
9. Рентгеновская эмиссионная спектроскопия. Применение рентгеновской эмиссионной спектроскопии для исследования химического строения малых молекул и твердых тел. Система обозначений рентгеновских переходов. Получение, обработка и интерпретация спектров. Правила отбора.

Раздел 4. Дифракция рентгеновского излучения (4 часа)

10. Кинематическая дифракция. Кинематическая дифракция: рассеяние на атоме, молекуле, жидкости. Функция парных корреляций. Малоугловое рассеяние.
11. Монокристалльная и порошковая дифракция. Трансляционная симметрия. Решетки Бравэ. Обратная решетка. Условие Лауэ. Построение Эвальда. Структурный фактор элементарной ячейки. Систематические погасания для центрированных ячеек. Задача структурного анализа.

Раздел 5. Методики, использующие когерентность излучения (фазоконтрастная томография, фотон-корреляционная спектроскопия) (4 часа)

12. Рентгеновская визуализация. Абсорбционный контраст (радиография). Преобразование Радона и компьютерная томография. Пропагатор рентгеновской волны. Фазовый контраст. Рефракционно-контрастная визуализация. Интерферометр Тальбо. Когерентная дифракционная визуализация.
13. Рентгеновская фотон-корреляционная спектроскопия. Спеклы при рассеянии когерентной волны. Спеклы в оптическом и рентгеновском диапазонах. Понятие когерентности, видимость и опыт Юнга. Связь яркости источника и когерентности. Рентгеновская фотон-корреляционная спектроскопия – метод исследования динамики в конденсированных средах. Количество когерентных мод и контрастность картины спеклов. Требования к оснащению экспериментальной станции. Примеры: броуновское движение, флуктуации антиферромагнитных доменов, нестационарная динамика в металлических стеклах.

Раздел 6. Применение физических методов в режиме in situ/operando (4 часа)

14. Особенности проведения in situ/operando исследований в условиях вакуума. Система дифференциальной откачки. Система напуска газа и контроля давления и температуры.
15. Особенности проведения in situ/operando исследований в условиях повышенных давлений. Пресс Париж-Эдинбург. Криогенные исследования.

Раздел 7. Современные центры синхротронного излучения (2 часа)

16. Современные центры синхротронного излучения: возможности, проведение исследований. Европейский центр синхротронного излучения (ESRF). ЦКП «СКИФ». Особенности подачи заявок на проведение исследований.

Самостоятельная работа студентов (38 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение методических материалов при подготовке к лабораторным работам, кроме тематических	24
Подготовка к тематическим лабораторным работам, оформление результатов в виде отчета	12
Подготовка к дифференцированному зачету	2

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. Москва, Энергоатомиздат. 1986. – 296 с.
2. Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. Москва, Физматлит, 2007. – 672 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учеб. Пособие для вузов. В 10 т. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 800 с.
4. Мазалов Л.Н. Рентгеновские спектры. Новосибирск: ИНХ СО РАН, 2003. – 329 с.
5. Мазалов Л.Н. Рентгеновские спектры и химические связи. Новосибирск, Наука. Сибирское отделение, 1992.

5.2. Дополнительная литература

1. Порай-Кошиц М. А. Основы структурного анализа химических соединений: [учеб. пособие для хим. спец. ун-тов] / М. А. Порай-Кошиц. М.: Высшая школа, 1989, 191 с. ISBN 5-06-000074-5.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Philip Wilmott. An Introduction to Synchrotron Radiation. Techniques and Applications. Wiley. 2019
2. Herman Winick. Synchrotron radiation sources: A primer. World Scientific, 1995.
3. X-ray data booklet. (Second edition). A.C. Thompson and D. Vaughan editors. LBNL University of California: CXRO&ALS. 2001. 457p. Доступно в интернете: <http://xdb.lbl.gov/xdb.pdf>.

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.
- «Российская национальная платформа открытого образования» (<http://openedu.ru/>), Coursera (www.coursera.org), edX (www.edx.org);
- Веб-страницы ведущих международных центров СИ.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1. Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе заслушивания ответов студентов на вопросы по материалам предыдущих лекций (5-10 минут в начале каждой лекции).

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области использования методов на основе синхротронного излучения в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачёте. Он проводится в конце семестра по билетам в устной форме или в форме предоставления реферата по заранее выбранной тематике. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать теорию генерации синхротронного излучения и его взаимодействия с твердым телом; основные методы и подходы к определению локальной атомной, электронной и магнитной структуры объектов с различной степенью дальнего; возможности экспериментальных методов, реализованных с использованием синхротронного излучения, для исследования твердого тела, о принципах действия экспериментальной аппаратуры, о погрешности определяемых величин.	Дифференцированный зачет.
ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Уметь планировать сложные физико-химические исследования твердого тела (функциональные материалы, наноструктуры, полупроводниковые пленки, и т.д.), выбрав соответствующие решаемой задаче методы исследования.	Дифференцированный зачет.

<p>ПК 1.3. Анализирует закономерности изучаемых процессов и явлений при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Владеть теоретическими представлениями об особенностях взаимодействия синхротронного излучения с твердым телом (рассеяние, поглощение, радиационный распад); навыками работы с системами подачи заявок на проведение исследований в российских и зарубежных центрах синхротронного излучения.</p>	<p>Дифференцированный зачет.</p>
--	---	----------------------------------

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физические методы исследования твердого тела с использованием синхротронного излучения».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры тем рефератов:

1. История развития центров синхротронного излучения (поколения источников СИ).
2. Вставные магнитные устройства для генерирования СИ.
3. Экспериментальные станции для исследования объектов в экстремальных условиях.
4. Монохроматоры и кристалл-спектрометры - дифракционная оптика.

Вопросы на дифференцированном зачёте

1. Характеристическое и тормозное излучение. Система обозначения рентгеновских переходов. Синхротронное излучение: его свойства и получение.
 2. Квантовая теория синхротронного излучения. Квантовые состояния электрона в магнитном поле. Волновая функция.
 3. Взаимодействие электрона с электромагнитным полем. Квантовые закономерности в интенсивности СИ. Экспериментальное исследование влияния СИ на движение электронов в циклическом ускорителе.
 4. Поглощение рентгеновского излучения. Типы взаимодействия. Каналы распада. Фотоэлектрон. Флуоресценция.
 5. Отражение и рассеяние рентгеновского излучения. Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Комптоновское рассеяние. Томпсоновское рассеяние. Связанный электрон. Рассеяние на атоме. Преломление и отражение Дифракция.
-
1. Применение метода РФЭС для анализа поверхности твердых тел. Количественный анализ. Глубина анализа.
 2. Применение метода РФЭС. Послойный анализ. Химсдвиг. Теорема Купманса.
 3. Эффект релаксации. Система обозначений и анализ Оже-спектров. Понятие Оже-параметра.
 4. Основы метода РФЭС. Система обозначения линий. Форма линий. Спин-орбитальное расщепление. Калибровка спектрометра. Положение линий относительно уровня Ферми спектрометра. Методы учета эффекта зарядки образцов
 5. Понятие края рентгеновского поглощения. Тонкая структура спектров рентгеновского поглощения. Метод XANES. Правила отбора.
 6. Получение, обработка и интерпретация XANES спектров. Спектроскопия кругового магнитного дихроизма. Получение, обработка и интерпретация спектров
 7. Поглощение рентгеновского излучения. Тонкая структура спектров рентгеновского поглощения. Метод EXAFS. Возможности и ограничения метода EXAFS. Получение и обработка EXAFS спектров. Точность определения координационных чисел и межатомных расстояний.
 8. Применение рентгеновской эмиссионной спектроскопии для исследования химического строения малых молекул и твердых тел. Система обозначений рентгеновских переходов. Получение, обработка и интерпретация спектров. Правила отбора.
 9. Кинематическая дифракция. Кинематическая дифракция: рассеяние на атоме, молекуле, жидкости. Функция парных корреляций. Малоугловое рассеяние.

10. Монокристалльная и порошковая дифракция. Трансляционная симметрия. Решетки Бравэ. Обратная решетка. Условие Лауэ. Построение Эвальда. Структурный фактор элементарной ячейки. Систематические погасания для центрированных ячеек. Задача структурного анализа.
11. Рентгеновская визуализация. Абсорбционный контраст (радиография). Преобразование Радона и компьютерная томография. Пропагатор рентгеновской волны. Фазовый контраст. Рефракционно-контрастная визуализация. Интерферометр Тальбо. Когерентная дифракционная визуализация.
12. Рентгеновская фотон-корреляционная спектроскопия. Спеклы при рассеянии когерентной волны. Спеклы в оптическом и рентгеновском диапазонах. Понятие когерентности, видимость и опыт Юнга. Связь яркости источника и когерентности. Рентгеновская фотон-корреляционная спектроскопия – метод исследования динамики в конденсированных средах. Количество когерентных мод и контрастность картины спеклов. Требования к оснащению экспериментальной станции. Примеры: броуновское движение, флуктуации антиферромагнитных доменов, нестационарная динамика в металлических стеклах.
13. Особенности проведения *in situ/operando* исследований в условиях вакуума. Система дифференциальной откачки. Система напуска газа и контроля давления и температуры.
14. Особенности проведения *in situ/operando* исследований в условиях повышенных давлений. Пресс Париж-Эдинбург. Криогенные исследования.
15. Современные центры синхротронного излучения: возможности, проведение исследований. Европейский центр синхротронного излучения (ESRF). ЦКП «СКИФ». Особенности подачи заявок на проведение исследований.

Пример билета на дифференцированном зачёте

1. Поглощение рентгеновского излучения. Типы взаимодействия. Каналы распада.
2. Рентгеновская визуализация. Абсорбционный контраст (радиография). Преобразование Радона и компьютерная томография. Пропагатор рентгеновской волны. Фазовый контраст. Рефракционно-контрастная визуализация. Интерферометр Тальбо. Когерентная дифракционная визуализация.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы по дисциплине «Физические методы
исследования твердого тела с использованием синхротронного излучения»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Все профили подготовки»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного