

*Приложение к приказу первого проректора
по учебной и научной работе*

от _____ № _____

**Правительство Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физические исследования на мегаустановках 2

Science at large-scale facilities 2

Язык(и) обучения

Русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: _____

Санкт-Петербург

2014

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Передать студентам общее представление о рентгеновском и, в частности, синхротронном излучении: свойствах, установках генерирующих рентгеновское излучение и методах его использующих. Ввести основополагающие понятия рентгеновской физики и кристаллографии. Дать представление о принципиальном устройстве синхротрона. Сформировать фундаментальные знания необходимые для дальнейшего успешного обучения на модуле “Нейтронной и Синхротронной физики” и в профессиональной деятельности.

1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Для успешного освоения программы дисциплины «Физические исследования на мегаустановках (синхротронах)» студентам необходимо прослушать курсы лекций по общей физике и теоретической физике в рамках первых 5 семестров обучения в бакалавриате.

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать основные свойства рентгеновского излучения;
- понимать основы методов монокристаллической и порошковой рентгеновской дифрактометрии и метода рентгеновской рефлектометрии;
- знать принцип работы синхротрона и иметь представление об устройствах управления пучком синхротрона и устройствах использующихся в каналах вывода синхротронного излучения, а также об основных характеристиках вышеуказанных устройств.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя) - 58 часов.
- Самостоятельная работа с использованием методических материалов – 17 часов;
- Промежуточная аттестация (самостоятельная работа) – 29 часов;
- Консультация – 2 часа;
- Промежуточная аттестация (аудиторная работа) – 2 часа.

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся					
Период обучения (модуль)	Контактная работа обучающихся с преподавателем	Самостоятельная работа	Всего занятий	Трудовой объём	Остаток

	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам.раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)	итоговая аттестация (сам.раб.)			
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																			
очная форма обучения																			
Семестр 1 (<u> </u> часы кол.студ.)	58		2						2				17		29				
	2-10		2-10						2-10				2-10		2-10			108	3
ИТОГО	58		2						2				17		29			108	3

Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации			
Период обучения (модуль)	Формы текущего контроля успеваемости	Виды промежуточной аттестации	Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ			
очная форма обучения			
Семестр 6		экзамен	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): **Семестр 6**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	Открытие и свойства рентгеновского излучения История открытия рентгеновского излучения Рентгеном и описанные им свойства рентгеновских лучей. Открытие дифракции рентгеновского излучения. Основные свойства рентгеновского излучения согласно современным представлениям. Спектры рентгеновского излучения. Свойства тормозного и характеристического излучения.	лекции	4
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	1

		промежуточная аттестация (сам.раб.)	2
2	Источники рентгеновского излучения Рентгеновские трубки. Рентгеновские трубки с вращающимся анодом. Открытие синхротронного излучения. Основные свойства синхротронного излучения.	лекции	4
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	1
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	2
3	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом Понятие сечения рассеяния. Рассеяние одним электроном. Рэлеевское рассеяние. Комптоновское рассеяние. Поглощение рентгеновских лучей. Спектры поглощения. Процессы фотопоглощения. Флуоресценция и эффект Оже.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	1
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	2
4	Структура кристаллов Основные свойства кристаллов. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Сингонии. Решетки Бравэ. Индексы Миллера и их свойства. Примеры определения индексов Миллера. Примеры кристаллических структур (структурных типов). Обратная решетка. Вектор обратной решетки и его свойства.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	1
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	2
5	Рассеяние и дифракция рентгеновских лучей Рассеяние двумя рассеивающими центрами. Рассеивающий фактор атома. Дисперсионные поправки. Принцип дифракции рентгеновского излучения. Условия Лауэ. Закон Брэгга-Вульфа. Сфера Эвальда. Структурный фактор. Примеры вычисления структурного фактора.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	1

		промежуточная аттестация (сам.раб.)	2
6	Введение в рентгеновскую дифрактометрию. Монокристаллическая дифрактометрия. Задачи и методы дифрактометрии. Монокристаллическая дифрактометрия. Метод Лауэ. Монокристаллическая дифрактометрия на монохроматическом излучении. Геометрия монокристаллического эксперимента. Дополнительные возможности монокристаллической дифрактометрии с использованием синхротронного излучения.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	1
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	2
		промежуточная аттестация	2
7	Порошковая дифрактометрия Открытие порошковой дифрактометрии и суть метода. Геометрии эксперимента по порошковой дифрактометрии. Геометрия Брэгга-Брентано. Геометрия Дебая-Шеррера. Основы метода Ритвелда.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	2
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	2
8	Методы исследования поверхностей и интерфейсов посредством рассеяния рентгеновских лучей Задачи исследования поверхности. Показатель преломления рентгеновских лучей. Особенности преломления рентгеновских лучей. Классификация методов исследования поверхностей и интерфейсов посредством рассеяния рентгеновских лучей. Основы метода рентгеновской рефлектометрии и получаемая данным методом информация. Примеры. Незеркальное рассеяние рентгеновских лучей. Возможности метода малоуглового рассеяния рентгеновского излучения при скользящем падении (GISAXS). Примеры.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	1
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	3

9	Общие сведения о синхротронах Области применения синхротронного излучения. Единицы измерения интенсивности и яркости излучения. Яркость различных источников излучения. Принцип работы синхротрона. Основные характеристики синхротронного излучения. Эмиттанс. Временная и пространственная когерентность. Поляризация.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	2
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	3
10	Устройства управления пучком синхротронного излучения. Поворотные магниты. Вигглеры. Шифтеры. Ондуляторы. Схема и основные характеристики синхротрона третьего поколения.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	2
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	3
11	Устройство канала вывода (beamline) синхротронного излучения Общая схема канала вывода синхротронного излучения. Оптические элементы, используемые на станциях синхротронного излучения. Рентгеновские зеркала. Преломляющая рентгеновская оптика. Монохроматоры.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	2
		промежуточная аттестация (сам.раб.)	3
12	Новейшие источники синхротронного излучения Преимущества и ограничения синхротронов третьего поколения. Свойства излучения лазера на свободных электронах. Самоусиление спонтанного излучения (SASE). Характеристики лазеров на свободных электронах. Принцип действия ЛИНАКа.	лекции	5
		Самостоятельная работа с использованием методических материалов	2

		промежуточная аттестация (сам.раб.)	3
13		Консультация	2
14		Промежуточная аттестация	2

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Занятия с преподавателем проводятся в виде интерактивных лекций с подготовленными слайдовыми презентациями. Для освоения дисциплины студенту предоставляется адаптированная программа курса, а также электронная презентация всех лекций в формате PPT или PPTX.

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Для самостоятельной работы студенты должны обеспечиваться:

- перечнем заданий для самостоятельной работы;
- методическими указаниями для использования литературных источников при выполнении заданий.

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Постоянный контроль степени понимания и усвоения материала осуществляется в форме вопросов, задаваемых преподавателем студентам в начале каждого аудиторного занятия и в продолжение всей лекции.

Текущий контроль – опрос на занятиях под руководством преподавателя, при этом студентам выдаются вопросы из пройденного материала, и отводится время для подготовки – 15 - 30 минут. Опрос проводится на специально отведенных для этого занятиях целью определения проблемных вопросов, тем и разделов курса, а также степени освоения курса студентами.

Промежуточный контроль – экзамен в конце курса.

Экзамен проводится в устной форме.

Экзаменационный билет содержит два вопроса, на каждый из которых студент должен привести развернутый конспект с планом ответа, необходимыми определениями, иллюстрациями, формулами и зависимостями. В устной форме студент, пользуясь конспектом, должен связно и исчерпывающе изложить содержание ответа.

В ходе ответа преподавателем могут быть заданы студенту уточняющие вопросы по билету. На подготовку конспекта ответа по билету отводится не более 1 часа, на обдумывание ответа на дополнительные вопросы не более 10 минут на каждый. В общей сложности ответ студента не должен превышать 40 минут без учета времени на обдумывание дополнительных вопросов.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Оценка "отлично" выставляется за грамотный, исчерпывающий ответ на два основных и дополнительные вопросы. За время ответа студент должен показать свободное владение материалом, изложенным на занятиях и полученным из дополнительных источников, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей, проявить способность к самостоятельному анализу физических явлений.

Оценка "хорошо" выставляется за грамотный ответ на два основных и один из дополнительных вопросов. За время ответа студент должен показать владение материалом, изложенным на занятиях, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей, проявить способность к самостоятельному анализу физических явлений.

Оценка "удовлетворительно" выставляется за полный ответ на два основных или один основной и два дополнительных вопроса. За время ответа студент должен показать владение материалом, изложенным на занятиях, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется за ответ, не отвечающий выше перечисленным критериям.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации студентов.

1. История открытия рентгеновского излучения Рентгеном и описанные им свойства рентгеновских лучей. Открытие дифракции рентгеновского излучения. Основные свойства рентгеновского излучения согласно современным представлениям.
2. Спектры рентгеновского излучения. Свойства тормозного и характеристического излучения.
3. Источники рентгеновского излучения. Рентгеновские трубки. Рентгеновские трубки с вращающимся анодом. Открытие синхротронного излучения. Основные свойства синхротронного излучения.
4. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Понятие сечения рассеяния. Рассеяние одним электроном. Рэлеевское рассеяние. Комптоновское рассеяние.
5. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Поглощение рентгеновских лучей. Спектры поглощения. Процессы фотопоглощения. Флуоресценция и эффект Оже.
6. Структура кристаллов. Основные свойства кристаллов. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Сингонии. Решетки Бравэ.
7. Индексы Миллера и их свойства. Примеры определения индексов Миллера. Примеры кристаллических структур (структурных типов). Обратная решетка. Вектор обратной решетки и его свойства.
8. Рассеяние двумя рассеивающими центрами. Рассеивающий фактор атома. Дисперсионные поправки.
9. Принцип дифракции рентгеновского излучения. Условия Лауэ. Закон Брэгга-Вульфа. Сфера Эвальда.
10. Рассеивающий фактор атома. Структурный фактор.
11. Задачи и методы дифрактометрии. Монокристалльная дифрактометрия. Метод Лауэ.
12. Задачи и методы дифрактометрии. Монокристалльная дифрактометрия на монохроматическом излучении. Геометрия монокристалльного эксперимента. Дополнительные возможности монокристалльной дифрактометрии с использованием синхротронного излучения.
13. Открытие порошковой дифрактометрии и суть метода. Геометрии эксперимента по порошковой дифрактометрии. Геометрия Брэгга-Брентано.

14. Открытие порошковой дифрактометрии и суть метода. Геометрия Дебая-Шеррера.
15. Методы исследования поверхностей и интерфейсов посредством рассеяния рентгеновских лучей. Задачи исследования поверхности. Показатель преломления рентгеновских лучей. Особенности преломления рентгеновских лучей.
16. Основы метода рентгеновской рефлектометрии и получаемая данным методом информация. Примеры. Возможности метода малоуглового рассеяния рентгеновского излучения при скользящем падении (GISAXS).
17. Области применения синхротронного излучения. Единицы измерения интенсивности и яркости излучения. Яркость различных источников излучения. Принцип работы синхротрона.
18. Основные характеристики синхротронного излучения. Эмиттанс. Временная и пространственная когерентность. Поляризация.
19. Поворотные магниты. Вигглеры. Шифтеры.
20. Ондуляторы. Схема и основные характеристики синхротрона третьего поколения.
21. Общая схема канала вывода синхротронного излучения. Оптические элементы, используемые на станциях синхротронного излучения. Рентгеновские зеркала. Преломляющая рентгеновская оптика. Монохроматоры.
22. Преимущества и ограничения синхротронов третьего поколения. Свойства излучения лазера на свободных электронах. Характеристики лазеров на свободных электронах.
23. Свойства излучения лазера на свободных электронах. Самоусиление спонтанного излучения (SASE).
24. Преимущества и ограничения синхротронов третьего поколения. Принцип действия ЛИНАКа.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину «Симметрия, структура и свойства твердых тел – кристаллография и кристаллофизика»

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

4. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?

Комментарий _____

5. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

Комментарий _____

СПАСИБО!

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень и/или ученое звание, имеющие опыт планирования и организации учебного процесса, а также главные и ведущие специалисты в этой области.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Требования не предъявляются

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, интерактивная доска или компьютерный класс.

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Для проведения занятия необходимы: видеопроектор, ноутбук, переносной экран. На ноутбуке должны быть установлены средства MS Office 2007: PowerPoint и др. (допустима версия MS Office 2003).

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Рабочие места преподавателя и студентов должны быть оснащены современным компьютерным оборудованием.

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Каждый обучающийся во время самостоятельной подготовки должен быть обеспечен рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет.

3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки.

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. М.А. Порай-Кошиц Практический курс рентгеноструктурного анализа / М. А. Порай-Кошиц. - М. : МГУ, 1960 - . Т. 2. - 632 с.
2. Ч.Киттель, Введение в физику твердого тела. М.:Наука, 1978.

3. Г.В. Фетисов Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. — М.: Физматлит, 2007. — 672 с.
4. P. Willmott An Introduction to Synchrotron Radiation. Techniques and Applications. John Wiley & Sons, Ltd, 2011. — 352 P.
5. М.П. Шаскольская Кристаллография. - М.: Высшая школа, 1976.
6. Т.В. Богдан Основы рентгеновской дифрактометрии. Учебно-методическое пособие к общему курсу «Кристаллохимия»— М.: МГУ, 2012. — 64 с.
7. Е.В. Чупрунов, М.А. Фаддеев, Е.В. Алексеев Рентгеновские методы исследования твёрдых тел. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Физико-химические основы нанотехнологий» Нижний Новгород, НГУ им. Н.И. Лобачевского 2007. — 194 с.
8. Jens Als-Nielsen, Des McMorro Elements of Modern X-ray Physics. John Wiley & Sons, Ltd, 2-nd Ed. 2011. — 419 P.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Ч.Киттель, Введение в физику твердого тела. М.:Наука, 1978.
2. Современная кристаллография. В 4-х томах. Под ред. Б.К.Вайнштейна. Т.1,2.-М.: Наука, 1979
3. С.С.Горелик, Ю.А.Скаков, Л.Н.Расторгуев «Рентгенографический и электронно-оптический анализ» 4-е издание, М. МИСИС 2002.
4. Я.С.Уманский, Ю.А.Скаков, А.Н.Иванов, Л.Н.Расторгуев «Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия», М., «Металлургия» 1982

3.4.3 Перечень иных информационных источников

Не предусмотрено