

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

**Кафедра физики ускорителей**



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФФ  
А. Е. Бондарь  
« 10 » июня 2014 г.

**СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ**

Рабочая программа дисциплины

**Физический факультет**

Направление подготовки  
**011200 Физика (квалификация (степень) «магистр»)**

Профиль:  
**Физика ускорителей**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)	
		Контактная работа обучающихся с преподавателем		Лабораторные занятия	Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем (консультации, экзамен)
Лекции	Семинары в т.ч. зачет	5	6				
1	2	3	4	5	6	7	8
3	36	16	2		18		
Всего 36 часов / 1 зачетная единица из них: - контактная работа 18 часов - в интерактивных формах 18 часов							

**Новосибирск 2014**

Рабочая программа дисциплины «Синхротронное излучение», предназначенная для магистрантов физического факультета НГУ, разработана в 2011 году в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200 Физика (квалификация «магистр») от 18.11.2009, приведена в соответствие с требованиями Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования от 19.12.2013.

Место дисциплины в структуре учебного плана  
М.2 «Профессиональный цикл. Вариативная часть».

Составили:

канд. физ.-мат. наук, доцент К. В. Золотарев

Рабочая программа

© Новосибирский государственный университет, 2014  
© Золотарёв К. В., 2014

## Содержание

Аннотация.....	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	5
4. Структура и содержание дисциплины .....	6
5. Образовательные технологии .....	7
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов .....	8
7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: показатели, критерии оценивания компетенций, типовые контрольные задания .....	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	8
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	8

## Аннотация

Программа курса «Синхротронное излучение» составлена в соответствии с требованиями к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки магистра по направлению 011200 Физика, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на Физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой физики ускорителей. Дисциплина изучается магистрантами физического факультета.

Дисциплина «Лазеры на свободных электронах» имеет своей целью ознакомление со свойствами синхротронного (СИ) излучения, классической и квантовой теорией описания свойств, эффектами влияния синхротронного излучения на параметры электронных пучков в ускорителях и способов применения синхротронного излучения в фундаментальных и прикладных исследованиях.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общекультурных компетенций ОК-1, а также профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 и ПК-10.

интерактивные лекции (лекции-дискуссии, лекции с разбором конкретных ситуаций), самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, зачёт с оценкой.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: зачёт с оценкой.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетная единица:

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- занятия семинарского типа (в т.ч. зачет) – 2 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, семинарского типа, групповые консультации, зачёт с оценкой) составляет 18 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 18 часов.

## 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина (курс) «Синхротронное излучение» имеет своей целью ознакомление со свойствами синхротронного (СИ) излучения, классической и квантовой теорией описания свойств, эффектами влияния синхротронного излучения на параметры электронных пучков в ускорителях и способов применения синхротронного излучения в фундаментальных и прикладных исследованиях.

Уникальные свойства СИ привели к созданию большого количества исследовательских методик, которые активно используются во многих научных направлениях. Спрос на такие исследования в настоящее время настолько высок, что непрерывно создаются специализированные научные центры, специализирующиеся на создании удобных условий реализации и использования таких методик. Создание специализированных ускорительных комплексов для обеспечения этих центров мощными пучками СИ является одним из наиболее востребованных направлений ускорительной науки. Поэтому специалистам в области современных ускорительных систем совершенно необходимо иметь представление о целях и путях создания таких систем.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Синхротронное излучение» относится к циклу М2 «Профессиональный цикл. Вариативная часть».

Студенты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны иметь общую базовую подготовку в рамках программы первых четырех лет обучения в ВУЗе, в том числе:

- Математический анализ;
- Высшая алгебра;
- Электродинамика;
- Электронная оптика и физика пучков;
- Линейные ускорители.

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Практика и научно-исследовательская работа в НИИ.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Общекультурные компетенции ОК-1, а также профессиональные компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 и ПК-10.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Иметь представление** об актуальности использования СИ для проведения исследований в различных естественно-научных направлениях.
- **Знать** основы теории излучения, основные угловые и спектральные характеристики СИ
- **Уметь** оценивать потоки мощности (или потоки квантов СИ) для различных конфигураций источников СИ.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Синхротронное излучение» представляет собой двухмесячный курс, читаемый магистрантам физического факультета НГУ в 3-м семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

Аналогичные дисциплины, существуют в НГТУ города Новосибирска, на физическом факультете МГУ и других вузах в нашей стране и за рубежом.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя курса	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежу точная аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции (кол-во часов)	Семинары (кол-во часов)		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение. Программа курса	1	4	2		2	
2	Потенциалы и поля движущейся заряженной частицы	2-4	4	2		2	
3	Спектральные характеристики поля излучения	5-6	4	2		2	
4	Приделы применимости классической теории	7-8	4	2		2	
5	Влияние параметров пучка электронов на характеристики СИ	9-10	4	2		2	
6	Излучение релятивистских электронов в магнитных периодических структурах	11-13	4	2		2	
7	Рассеяние рентгеновских лучей	14-15	4	2		2	
8	Способы монохроматизации излучения	16-17	4	2		2	
9	Самостоятельная подготовка обучающегося к зачету	18	2			2	
10	Зачёт с оценкой	18	4		2		
Всего			36	16		18	

#### Содержание разделов и тем курса

- 1. Введение. Программа курса.** История синхротронного излучения (СИ). Излучение зарядов при движении с ускорением. Качественное рассмотрение СИ (угловое и спектральное распределения, поляризация).

2. **Потенциалы и поля движущейся заряженной частицы.** «Сжатие» времени, запаздывающие потенциалы, потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле излучения частицы, движущейся с ускорением, мощность, излученная частицей. Излучение заряда, движущегося по окружности, временные характеристики поля излучения.
3. **Спектральные характеристики поля излучения в приближении.** Фурье-преобразование поля излучения, спектральные характеристики поля излучения в приближении. Описание поля СИ: поляризация, спектрально-угловое распределение интенсивности излучения. Асимптотическое поведение спектра СИ при низких и высоких частотах, практические формулы для расчета СИ.
4. **Приделы применимости классической теории.** Поправки к спектру СИ за счет квантовых поправок и поляризации электронов. Затухание и возбуждение бетатронных и энергетических колебаний за счёт СИ, равновесный фазовый объём пучка электронов. Поляризация электронов при излучении СИ.
5. **Влияние параметров пучка электронов на характеристики СИ.** Фазовый объём пучка СИ. Яркость источника СИ, магнитные структуры современных накопителей для получения максимальной яркости источника. Специальные устройства (insertion device) для генерации СИ: «шифтеры» и многополюсные вигглеры. Свойства СИ из этих устройств. Влияние магнитных полей сильнополевых вигглеров на движение пучка в накопителе.
6. **Излучение релятивистских электронов в магнитных периодических структурах.** Качественное рассмотрение ондуляторного излучения (ОИ). Угловые и спектральные характеристики ОИ (случай слабого и сильного поля ондулятора). Спиральные и плоские ондуляторы. Влияние энергетического и углового разброса в пучке электронов на угловые и спектральные свойства ондуляторного излучения. Особенности излучения из ондуляторов конечной длины.
7. **Рассеяние рентгеновских лучей.** Томсоновское и комптоновское сечения рассеяния. Рассеяние связанными электронами, атомный фактор, показатель преломления рентгеновских лучей. Отражение от идеальных кристаллов, отклонение от закона Вульфа-Брэгга, кристалл с незначительным поглощением, формулы Дарвина, экстинкция.
8. **Способы монохроматизации излучения.** Их использование при проведении экспериментов на СИ. Использование СИ для проведения прикладных исследований. Конструкция каналов вывода СИ и экспериментальных станций. Обзор экспериментальных методов с использованием СИ.

## 5. Образовательные технологии

Учебный курс «Синхротронное излучение» носит преимущественно лекционный характер. Изучение и закрепление нового материала происходит на интерактивных лекциях: лекциях-дискуссиях и лекциях с разбором конкретных ситуаций и конкретных примеров построения конкретных систем и решений. При подаче материала лекционного курса используется мультимедийная техника. На экран выводятся формулировки, определения, основные понятия, а также графические иллюстрации, помогающие наглядно подать материал. Существенным элементом образовательных технологий является не только умение студента найти решение задачи, но и способность доходчиво донести его до всей аудитории, при этом поощряется элемент соревновательности. Умение ответить на вопросы сокурсников и преподавателя развивает навыки, которые будут необходимы в дальнейшей профессиональной деятельности студента. Важнейшим элементом технологии является самостоятельное решение заданий студентами. Это единственная полностью индивидуальная форма обучения. Сдача заданий в устной форме

преподавателю во время зачётных занятий направлена на формирование коммуникативных навыков, умения объяснять, логически излагать решение, быстро отвечать на вопросы преподавателя. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Тернов И.М. Михайлин В.В., Халилов В.Р., Синхротронное излучение и его применение. Москва, Издательство Московского университета, 1980.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: показатели, критерии оценивания компетенций, типовые контрольные задания**

Освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована / не сформирована». Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные общекультурные компетенции ОК-1, а также профессиональные компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9 и ПК-10 сформированы.

### **Образец задания для самостоятельной работы:**

- Излучение заряда, движущегося по окружности, временные характеристики поля излучения.
- Яркость источника СИ, магнитные структуры современных накопителей для получения максимальной яркости источника.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Обязательная литература:

1. Джексон Д. Классическая электродинамика. Перев. с англ. М., "Мир", 1965.
2. Тернов И.М. Михайлин В.В., Халилов В.Р., Синхротронное излучение и его применение. Москва, Издательство Московского университета, 1980.

Дополнительная литература:

1. Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры вещества. Москва: ФизМатЛит, 2007

Интернет ресурсы:

1. Методические материалы на сайте кафедры физики ускорителей ФФ НГУ  
<http://accel.inp.nsk.su/>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Дисциплина обеспечена лекционными аудиториями Института ядерной физики СО РАН.  
Оснащение основных лекционных аудиторий ИЯФ:

*Аудитория ВЭПП-4.* – Лекционная аудитория на 30 мест:

- а) основное оборудование:  
ручной подвесной проекционный экран 127см\*127см  
Вспомогательный переносной проектор EPSON EMP-1715

*Пристройка 2 эт.* – Лекционная аудитория на 48 мест:

- а) основное оборудование:  
Стационарный (подвесной) проектор EPSON EB-X72 с пультом;  
Ноутбук DELL PP22L;
- б) дополнительное оборудование:  
ручной подвесной проекционный экран 127см\*127см  
Вспомогательный переносной проектор EPSON EMP-1715

*Зал для конференций* – на 305 мест

- а) основное оборудование:  
Переносной проектор NEC VT660 с пультом;  
Ноутбук ASPIRE 5720;
- б) дополнительное оборудование:  
электрический подвесной проекционный экран 200м\*200м  
проектор для больших презентаций SANYO PLC-XP57L  
беспроводные инфракрасные микрофоны и аппаратура воспроизведения звука.

Возможность использования интернет библиотек.

**Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики ускорителей физического факультета НГУ.**