

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет"**

**Факультет естественных наук**

**УТВЕРЖДАЮ**



Декан ФЕН НГУ, профессор

Резников В.А.

«29» августа 2014 г.

**Использование синхротронного излучения в дифракционных исследованиях**

**Программа лекционного курса и самостоятельной работы студентов**

Курс 4-й, VIII семестр

Учебно-методический комплекс

Новосибирск 2014

Учебно-методический комплекс предназначен для студентов IV курса факультета естественных наук, специальность 020201 «Фундаментальная и прикладная химия». В пособии приведены программа курса лекций, список вопросов для самостоятельной работы студентов с использованием учебной литературы и персонального компьютера, а также список вопросов, предлагаемых на экзаменах.

Составитель:

Анчаров А. И., доц.

© Новосибирский государственный университет, 2014

## **Содержание**

<b>Аннотация рабочей программы</b>	4
<b>1. Цели освоения дисциплины</b>	6
<b>2. Место дисциплины в структуре ООП</b>	7
<b>3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины</b>	8
<b>4. Структура и содержание дисциплины</b>	9
Рабочий план (по неделям семестра)	11
Программа курса лекций	13
<b>5. Образовательные технологии</b>	18
<b>6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины</b>	18
<b>7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины</b>	26
<b>8. Материально-техническое обеспечение дисциплины</b>	27

## **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «**Использование синхротронного излучения в дифракционных исследованиях**» относится к вариативной части профессионального (специального) цикла ООП по специальности 020201 «Фундаментальная и прикладная химия». Дисциплина реализуется на Факультете естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" (НГУ) кафедрой химии твердого тела.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с общими понятиями о синхротронном излучении, а также об использовании его в дифракционных исследованиях и последними достижениям в данных областях, в том числе, полученными в НИУ НГУ и Институтах Сибирского отделения РАН.

Дисциплина нацелена на формирование общекультурных компетенций ОК-16, профессиональных компетенций ПК-9, ПК-11, ПК-12 выпускника.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, сдача дифференцированного зачета.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль в форме контроля посещаемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу. Программой дисциплины предусмотрены 20 часов лекционных занятий, а также 12 часов самостоятельной работы студентов, 4 часа подготовка к зачету и зачет.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Дисциплина «Использование синхротронного излучения в дифракционных исследованиях» имеет своей целью формирование у слушателей целостного представления о методах дифракционных исследований с использованием синхротронного излучения. Знакомство слушателей со способами генерации синхротронного излучения источниками I-IV поколения, а также с основными свойствами синхротронного излучения и его отличием от излучения, получаемого от рентгеновских трубок. Знакомство с современными методами исследования структуры веществ методами прецизионной дифрактометрии, аномального рассеяния, дифракционного кино, дифрактометрии с использованием жесткого синхротронного излучения. Данное знакомство не ограничивается теоретическими основами методов. Проведение экскурсии в Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения позволяет слушателям составить целостное представление об экспериментальных возможностях науки об исследовании структуры веществ дифракционными методами. Интерактивная часть курса позволяет студентам применить теоретические знания, полученные на лекционных занятиях, и приобрести полезные навыки на практике в ходе анализа задач, представляющих для них интерес, с использованием современного программного обеспечения. Лекционная часть курса также подразумевает презентацию последних мировых достижений в области дифракционных методов с использованием синхротронного излучения.

Основной целью освоения дисциплины является усвоение студентами основных методов исследований структуры используемых в интересах химии твердого тела, умение пользоваться ими и на этой основе – понимания студентами сложных химических и физических процессов, происходящих при взаимодействии с участием твердых тел.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Использование синхротронного излучения в дифракционных исследованиях» относится к вариативной части профессионального (специального) цикла ООП по специальности 020201 «Фундаментальная и прикладная химия».

Дисциплина «Использование синхротронного излучения в дифракционных исследованиях» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Физика;
- Физическая химия;
- Химическая кинетика;
- Химия твердого тела;
- Методы кристаллоструктурных исследований;
- Физические методы исследования твердых тел.

Результаты освоения дисциплины «Использование синхротронного излучения в дифракционных исследованиях» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Институтская практика;
- Итоговая государственная аттестация.

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

#### **общекультурные компетенции:**

- *обладает способностью в условиях развития науки и техники к критической переоценке накопленного опыта и творческому анализу своих возможностей (ОК-16);*

#### **профессиональные компетенции:**

- *пониманием принципов работы и умением работать на современной научной аппаратуре при проведении научных исследований (ПК-9);*
- *знание основ теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, химии высокомолекулярных соединений, химии биологических объектов, химической технологии) (ПК-11);*
- *умением применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных (ПК-12)*

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

- иметь представление свойствах синхротронного излучения и методах исследования структуры твердого тела, а также о современном положении дел в данной области знаний;
- знать основные свойства синхротронного излучения, источники его получения, различные системы детектирования синхротронного излучения, основные типы вспомогательных устройств синхротронной станции, методы и методики рентгеноструктурного анализа, применяемые в исследованиях с использованием синхротронного излучения;
- владеть навыками обработки данных, полученных на экспериментальных станциях Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения.
- уметь обращаться с доступным программным обеспечением и базами данных, представляющими интерес для науки о структуре веществ.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетная единица. Программой дисциплины предусмотрены 20 часов лекционных занятий, а также 12 часов самостоятельной работы студентов, 4 часа подготовка к зачету и зачет.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекция	Лаб. работа	Самост. работа	Подготовка к зачету	Диф. зачет	
1.1	Синхротронное излучение (СИ) и его место в спектре электромагнитных излучений. История открытия. Источники СИ. Свойства СИ. Оборудование каналов и экспериментальных станций СИ.	8	1	2		1			
1.2	Детекторы для регистрации СИ. Ионизационные камеры сцинтилляционные, пропорциональные, полупроводниковые детекторы. Однокоординатные и двухкоординатные детекторы СИ.	8	2	2		1			
1.3	Методы исследования структуры с использованием СИ. Монокристаллическая, энергодисперсионная дифрактометрия. Дифрактометрия высокого пространственного и временного разрешения. 1	8	3	2		1			
1.4	Аномальное рассеяние, диффузное рассеяние кристаллами. Рассеяние на неупорядоченных структурах. Примеры задач решаемых с использованием данных методов. 2	8	4	2		1			
1.5	Дифрактометрия в особых условиях. Высокое давление, Высокие и низкие температуры. Контроли-	8	5	2		1			



	руемые газовые среды. Конструкция различных устройств для проведения исследований в особых условиях.								
1.6	Знакомство с Сибирским центром синхротронного излучения и накопителем ВЭПП-3. Инструктаж по способам безопасного проведения работ в центре СИ.	8	6	2		1			
1.7	Занятие на станциях прецизионной дифрактометрии	8	7	2		1			
1.8	Занятие на станции дифракционного кино.1	8	8	2		1			
1.9	Занятие на станции дифрактометрии в области жесткого излучения.	8	9	2		2			
2.1	Занятие на станции микроскопии и томографии.	8	10	2		2			
		8	11				2	2	<b>Дифференцированный зачет</b>
	<b>Итого:</b>			<b>20</b>		<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>Всего: 36 часов</b>

**Рабочий план (по неделям семестра)  
Весенний семестр**

Неделя	Темы занятий
<b>ФЕВРАЛЬ</b> 3-я неделя	<b>Лекция 1.</b> Синхротронное излучение (СИ) и его свойства.
4-я неделя	<b>Лекция 2.</b> Мировые центры СИ. Основные элементы оборудования экспериментальных станций СИ.
<b>МАРТ</b> 1-я неделя	<b>Лекция 3.</b> Методы дифракционных исследования структуры твердых тел .
2-я неделя	<b>Лекция 4.</b> Прецизионная дифрактометрия и метод аномального рассеяния.
3-я неделя	<b>Лекция 5.</b> Использование жесткого синхротронного излучения для проведения дифракционных исследований-1.
4-я неделя	<b>Лекция 6.</b> Использование жесткого синхротронного излучения для проведения дифракционных исследований-2.
<b>АПРЕЛЬ</b> 1-я неделя	<b>Лекция 7.</b> Проведение <i>in situ</i> дифракционных исследований с использованием СИ. ( Метод дифракционного кино)
2-я неделя	<b>Лекция 8.</b> Исследование веществ в ходе быстропротекающих реакций (взрыв). Рентгеновская топография. Методы исследования топохимических реакций.
3-я неделя	<b>Лекция 9.</b> Применение EXAFS-спектроскопии для исследований структуры.
4-я неделя	<b>Лекция 10.</b> Знакомство с Сибирским центром синхротронного и терагерцового излучения. Экскурсия.

## Программа курса лекций

### *1. Синхротронное излучение (СИ) и его свойства.*

Введено понятие «синхротронное излучение». Дано описание места СИ в спектре электромагнитных колебаний. Рассмотрено различие между рентгеновским и синхротронным излучением. Дано описание свойств рентгеновского и синхротронного излучения. Рассмотрено преломление и отражение данных видов излучения, упругое и неупругое рассеяние, поглощение излучения веществом. Дано краткое описание открытия синхротронного излучения и основных этапов развития источников синхротронного излучения. Рассмотрены варианты источников I-IV поколения, их отличительные черты и характеристики СИ.

### *2. Мировые центры СИ. Основные элементы оборудования экспериментальных станций СИ.*

Дано описание основных мировых центров СИ (ESRF - Франция, DORIS III, PETRA III, XFEL -Германия, APS, NSLS – США, Spring 8 –Япония, СЦСТИ и КИСИ – Россия. Рассмотрены основные элементы экспериментальных станций – коллиматоры, монохроматоры, детекторы излучения. Приведена классификация и описание практически значимых или перспективных способов получения монохроматического излучения. Приведены характеристики монохроматоров. Рассмотрены их достоинства и недостатки. Дана классификация и описание детекторов синхротронного излучения. Приведены физические принципы работы различных типов детекторов и их физические характеристики. Особенно выделены области применения различных типов детекторов в решении задач дифрактометрии с использованием СИ.

### *3. Методы исследования структуры твердых тел.*

Рассмотрены физические принципы основных дифракционных методов исследования структуры веществ. Описаны методы Лауэ и вращения монокристалла для исследований структуры монокристаллов. Дано описание метода исследования поликристаллических веществ – метода порошка. Даны методы обработки и предварительного анализа дифракционных данных полученных методом порошка. Описан метод диффузного рассеяния синхротронного излучения на монокристаллах. Рассмотрен метод энергодисперсион-

ной дифрактометрии. Дано сравнение данного метода с традиционным методом дисперсии по углам. Приведены его достоинства и недостатки, определены области его применения при исследовании структуры веществ.

#### *4. Прецизионная дифрактометрия и метод аномального рассеяния.*

Приведены причины получения структурных данных высокой точности. Рассмотрены основные принципы, лежащие в основе метода прецизионной дифрактометрии. Приведена методика получения прецизионных параметров ячейки из дифракционных данных. Представлены понятия об атомном факторе рассеяния и поправках на аномальное рассеяние вблизи краев поглощения вещества. Показано, как меняется интенсивность рассеяния вблизи края поглощения выбранного атома. Приведены данные о возможности применения метода аномального рассеяния при решении различных структурных задач.

#### *5. Кристаллография поверхности твердых тел.*

Введены основные понятия кристаллографии поверхности, как-то: плоская примитивная ячейка, плоская примитивная ячейка Вигнера - Зейтца, двумерные решетки Браве, модель жестких плотноупакованных шаров и т.д. Рассмотрены особенности кристаллического строения поверхностей металлов в случае идеальных плотноупакованных граней, высокоиндексных, ступенчатых граней, а также реальных металлов. Введено понятие реконструкции поверхности, рассмотрены основные причины перестроения поверхностных атомов, а также наиболее значимые примеры реконструкций. Систематизированы принципиальные особенности кристаллического строения поверхности ковалентных и ионных кристаллов.

#### *4. Нанокластеры: кристаллическая структура и электронное строение*

Введены основные понятия, используемые для описания наноразмерных кластеров, рассмотрены особенности электронного и кристаллического строения подобных объектов. Проведено сравнение практически значимых свойств массивных фаз и нанокластеров того же материала.

#### *5. Использование жесткого синхротронного излучения для проведения дифракционных исследований-1.*

В лекции рассматриваются вопросы использования жесткого синхротронного к ранее перечисленным методам структурного анализа с использованием СИ. Вводится понятие жесткого синхротронного излучения. Приведена схема проведения экспериментов с применением жесткого СИ для исследования структуры. Рассмотрена возможность использования высокой проникающей способности жесткого СИ для исследования внутри образца. Показаны возможности проведения исследований физико-химических свойств образцов при высоких давлениях и низких и высоких температурах. в процессе химического взаимодействия реагентов.

*6. Использование жесткого синхротронного излучения для проведения дифракционных исследований-2.*

Продолжение предыдущей лекции. Показана возможность исследования структуры в ходе химических реакций. Рассмотрены методы исследования неупорядоченных систем с использованием жесткого синхротронного излучения и показано их преимущество перед методами использующими излучение от рентгеновских трубок. Даны представления о преимуществах использования жесткого синхротронного излучения при получении о диффузном рассеянии на монокристаллах и о информации, которую можно получить о несовершенствах кристаллического строения. Приведены данные о возможностях, которые дает использование жесткого синхротронного излучения и двухкоординатный детектор. Показано, что анализ двумерной картины позволяет получать данные об изменении размера кристаллитов, росте двойников, появлении преимущественных ориентировок в поликристаллах, облегчает фазовый анализ многофазных образцов.

*7. Проведение in situ дифракционных исследований с использованием СИ. (Метод дифракционного кино)*

Рассмотрена схема реализации дифрактометрии с временным разрешением для проведения *in situ* дифракционных исследований с использованием СИ. Рассмотрены основные типы детекторов, используемых для данного метода и приведены их основные характеристики. Приведены примеры использования метода для структурных исследований в ходе процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, в ходе образования интерметаллидов в

системе Al-Ni, окислительно-восстановительных реакций, в ходе фазовых переходов.

8. *Исследование веществ в ходе быстропотекающих реакций (взрыв). Рентгеновская топография..*

Рассмотрена временная структура синхротронного излучения, как основа для исследования быстропотекающих процессов. Показана необходимость использования нового класса детекторов излучения – позиционно чувствительных детекторов с временным разрешением 100 псек. Приведены примеры использования данной методики для изучения взрывных процессов, об изменении структуры аэрогеля в ходе ударного нагружения и о протекании химических реакций в зоне детонации. Вводится понятие о рентгеновской топографии. Рассмотрены различные схемы проведения топографических исследований с использованием полихроматического и монохроматического СИ. Приведены физические основы метода фазового контраста. Представлены примеры топографических исследований.

9. *Применение EXAFS-спектроскопии для исследований структуры веществ.*

Рассмотрены физические явления, связанные с осцилляциями коэффициента поглощения излучения за краем поглощения выбранного элемента. Показана возможность получения информации о ближайшем окружении выделенного атома: радиус координационной сферы, координационное число. Приведена схема аппаратной реализации метода EXAFS-спектроскопии. Рассмотрены примеры исследования локальной структуры веществ с использованием метода EXAFS-спектроскопии

10. *Экскурсия в Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения.*

В ходе лекции в центр СИ представлен ускорительно-накопительный комплекс ВЭППЗ – ВЭПП4. Показаны экспериментальные станции. Проведено ознакомление с ними.

## **5. Образовательные технологии**

Виды/формы образовательных технологий. Основные образовательные технологии: лекционная система обучения, а также обучение на

основе опыта. В дополнение к традиционным лекционным формам студентам предоставляется возможность разобрать научные задачи, находящиеся в рамках тематики курса, и представляющие интерес для слушателей. Слушатели имеют возможность анализа дифракционных данных, полученных, например, в ходе выполнения дипломной практики, с применением современного программного обеспечения. В распоряжении студентов все пакеты программ, рассматриваемые в ходе проведения курса. Это позволяет слушателям использовать данное обеспечение в ходе самостоятельной работы. В распоряжении слушателей полный доступ к необходимым структурным базам данных, представляющих интерес для фазового анализа. Кроме того, в рамках курса проводится экскурсия в Сибирский центр синхротронного излучения при институте ядерной физики Сибирского отделения РАН подразумевающее знакомство и общение с ведущими специалистами в данной области знаний.

Удельный вес интерактивных форм обучения определяется составом аудитории и близостью их научных интересов тематике курса, и составляет не менее 30% аудиторных занятий.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Рекомендуемый режим работы: лекционные занятия – 2 часа в неделю; самостоятельные занятия с обязательной и дополнительной литературой, а также программным обеспечением – 1-2 часа в неделю.

Система промежуточной аттестации: устное собеседование со слушателями по теме предыдущей лекции, позволяющее выставить окончательную оценку. Кроме того, учет посещаемости лекционных занятий в ходе семестра.

Итоговая оценка выставляется по итогам устного зачета с использованием экзаменационных билетов.

#### **Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы**

1. Место синхротронного излучения на шкале электромагнитного спектра.

2. Классификация синхротронного излучения
3. Рассчитать энергию фотона с длиной волны 10 нм.
4. На какие виды делится спектр излучения рентгеновских трубок?
5. В чем различие преломления и зеркального отражения рентгеновского излучения и видимого света? Виды рассеяния рентгеновского излучения на атомах. Процессы, вызывающие поглощение рентгеновских фотонов.
8. Вид зависимости коэффициента поглощения от энергии фотонов или длины волны.
9. Что такое синхротронное излучение?
10. Источники I-IV поколений.
11. Основные свойства синхротронного излучения в сравнении с излучением от рентгеновских трубок.
12. Основные типы детекторов.
13. Основные типы монохроматоров.
14. Рентгеновские зеркала, область применения?
15. Методы исследования структуры монокристаллов.
16. Методы исследования структуры поликристаллов.
17. В чем причина возникновения картин диффузного рассеяния.
18. Для решения каких задач используется метод прецизионной дифрактометрии?
19. Аппаратура для проведения прецизионных исследований.
20. Физические основы метода аномального рассеяния.
21. Какое излучение называется жестким синхротронным?
22. Почему при использовании жесткого синхротронного излучения предпочтительней использовать двухкоординатный детектор?
23. Какие преимущества дает использование жесткого синхротронного излучения при проведении дифракционных исследований?



24. Какие дифракционные исследования не рекомендуется проводить с использованием жесткого СИ?
25. Почему исследования неупорядоченных структур лучше проводить с использованием жесткого СИ?
26. Приведите примеры использования методики дифракционного кино при дифракционных исследованиях в области химии твердого тела.
27. Аппаратное обеспечение экспериментов с временным разрешением.
28. Приведите примеры использования жесткого синхротронного излучения при дифракционных исследованиях в области химии твердого тела.
29. Какое свойство СИ позволяет проводить эксперименты с высоким временным разрешением.
30. Что такое «рентгеновская топография»?
31. Назовите основные методы рентгеновской топографии?
32. Что скрывается под аббревиатурой EXAFS?
33. Каковы особенности кристаллической структуры нанокластеров?
34. В чем суть метода EXAFS спектроскопии?
35. Какую структурную информацию можно получить при применении метода EXAFS спектроскопии?
36. Аппаратное обеспечение метода EXAFS спектроскопии?

### **Примерный перечень вопросов к экзамену по всему курсу**

1. Синхротронное излучение и его место в спектре электромагнитных колебаний.
2. Метод энергодисперсионной дифрактометрии, примеры использования, достоинства и недостатки.
3. Свойства синхротронного излучения и их отличие от излучения от других источников.
4. Метод прецизионной дифрактометрии, примеры использования, достоинства и недостатки.

5. Источники синхротронного излучения и их устройство
6. Метод дифрактометрии с временным разрешением, примеры использования, достоинства и недостатки.
7. Монохроматоры для монохроматизации синхротронного излучения (плоские монохроматоры и материалы для их изготовления)
8. Дифрактометрия на жестком излучении, примеры использования, достоинства и недостатки.
9. Детекторы для регистрации излучения (ионизационные камеры)
10. Метод аномального рассеяния, примеры использования, достоинства и недостатки.
11. Детекторы для регистрации излучения, одно- и двухкоординатные.
12. Брегговское и диффузное рассеяние.
13. Детекторы для регистрации излучения (сцинтиляционные и imaging plate детекторы)
14. Механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом.
15. Детекторы для регистрации излучения (полупроводниковые детекторы)
16. Метод EXAFS спектроскопии, и какую структурную информацию можно получить с его помощью.
17. Фокусирующие монохроматоры, линзы и зеркала для синхротронного излучения.
18. Типичная схема экспериментальной станции, и ее элементы.

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

а) основная литература:

1. Фетисов Г.В. *Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ* (под редакцией Л.А. Асланова) Издательство М.: Физматлит -2007.

б) дополнительная литература:

1. Кунц К., *Синхротронное излучение*. Пер. с англ., М., «Мир», 1981 г.

2. Михайлин В.В., Тернов И.М. *Синхротронное излучение*. М.: Знание, 1988. 64 с.
3. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения: В 2-х частях. Пер. с англ. – М.: Мир. 1988.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

[Курчатовский Центр Синхротронного излучения и нанотехнологий](http://www.kcsr.kiae.ru/) (Москва, Россия) <http://www.kcsr.kiae.ru/>  
[ESRF - The European Synchrotron Radiation Facility](http://www.esrf.eu/) (Grenoble, France) <http://www.esrf.eu/>  
[SOLEIL Synchrotron](http://www.synchrotron-soleil.fr/) (Saint-Aubin, France) <http://www.synchrotron-soleil.fr/>  
[ANKA Synchrotron](http://www.anka.kit.edu/) (Karlsruhe, Germany) <http://www.anka.kit.edu/>  
[BESSY - Berlin electron storage ring company for synchrotron radiation](http://www.university-directory.eu/Germany/Bessy-Berlin-Electron-Storage-Ring-Company-for-Synchrotron-Radiation.html#.VMvCIyzluSo) (Berlin, Germany) [http://www.university-directory.eu/Germany/Bessy-Berlin-Electron-Storage-Ring-Company-for-Synchrotron Radiation.html#.VMvCIyzluSo](http://www.university-directory.eu/Germany/Bessy-Berlin-Electron-Storage-Ring-Company-for-Synchrotron-Radiation.html#.VMvCIyzluSo)  
[HASYLAB - Hamburger Synchrotronstrahlungslabor](http://photon-science.desy.de/) (Hamburg, Germany) <http://photon-science.desy.de/>  
[Diamond - Rutherford Appleton Laboratory](http://www.diamond.ac.uk/Home.html) (Didcot, United Kingdom) <http://www.diamond.ac.uk/Home.html>  
[APS - Advanced Photon Source](https://www1.aps.anl.gov/) (Argonne IL, USA) <https://www1.aps.anl.gov/>  
[CHESS - Cornell High Energy Synchrotron Source](http://www.chess.cornell.edu/) (Ithaca NY, USA) <http://www.chess.cornell.edu/>  
[NSLS - National Synchrotron Light Source](http://www.lightsources.org/facility/nsls) (Upton NY, USA) <http://www.lightsources.org/facility/nsls>  
[PF - Photon Factory](http://www.lightsources.org/facility/pf) (Tsukuba, Japan) <http://www.lightsources.org/facility/pf>  
[SPRING-8 - Super Photon Ring - 8 GeV](http://www.spring8.or.jp/) (Nishi Harima, Japan) <http://www.spring8.or.jp/>  
[SSRC \(BINP\) - Siberian Synchrotron Radiation Centre](http://ssrc.inp.nsk.su/) (Novosibirsk, <http://ssrc.inp.nsk.su/>)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с ОС ВПО, принятым в ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, с учетом рекомендаций ООП ВПО по специальности 020201 «Фундаментальная и прикладная химия».

Автор: Анчаров Алексей Игоревич, к.х.н., доцент кафедры химии твердого тела ФЕН, с.н.с. ИХТТМ СО РАН.

Программа одобрена на заседании кафедры химии твердого тела "29" августа 2014 г.

Секретарь кафедры к.х.н.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Дребущак', written over a horizontal line.

Т.Н. Дребущак