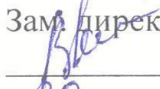


УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора ЮТИ ТПУ по УР  
 Бибик В.Л.  
« 20 » 05 2015 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, РЕНТГЕНОГРАФИЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ**  
**МИКРОСКОПИЯ**

Направление ООП: **22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ**

Профиль подготовки: **Металлургия черных металлов**

Квалификация (степень): **прикладной бакалавр**

Базовый учебный план приема **2015 г.**

Курс **4**; Семестр **7**;

Количество кредитов: **3**

Код дисциплины **Б1. ВМ5.1.4.2**

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	24
Лабораторные занятия, ч	24
Аудиторные занятия, ч	<b>48</b>
Самостоятельная работа, ч	60
ИТОГО, ч	<b>108</b>

Вид промежуточной аттестации: **зачет**

Обеспечивающая кафедра: **«Металлургия черных металлов»**

Заведующий кафедрой:  к.т.н., доцент Сапрыкин А.А.

Руководитель ООП:  к.т.н., доцент Сапрыкин А.А.

Преподаватель:  к.т.н., доцент Валуев Д.В.

2015 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

В результате освоения данной дисциплины бакалавр приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей основной образовательной программы «Металлургия».

Целью изучения курса «Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия» студентами является: 1) формирование современного мировоззрения о структуре, связях и взаимодействии микромира и макромира; 2) фундаментальная подготовка студентов в области исследования макро-, микро- и тонкой структуры материалов, которая является основной в формировании их свойств, а также в области применения современных физических методов контроля качества материалов и деталей.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия» относится к вариативному циклу.

Дисциплине «Б1.ВМ5.1.4.2 Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.БМ2.1 Математика,
- Б1. БМ3.14 Материаловедение.
- Б1.ВМ4.5.1 Термическая обработка стали и сплавов

Содержание разделов дисциплины «Б1.ВМ5.1.4.2 Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.ВМ4.9.2 Наноструктуры, наносистемы, нанотехнологии в металлургии.

## 3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

**Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины**

Результаты обучения (компетенции и из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р2 (ОК-5; ОПК-1; ОПК-2;	3.2.7	Основы кристаллографии и минералогии	У.2.7	Типы связей в решетках; понятия атомных и ионных радиусов,	В.2.7	Современным мировоззрением о структуре, связях и взаимодействии микромира и макромира.

ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5)	3.2.4	Теоретические представления об основах строения атома и квантовой механики, о структуре металлов с позиций концепции металлической связи, о физико-химических методах исследования и формирования наноструктурных металлических материалов	У.2.4	В.2.4	плотности упаковки; изоморфизма и полиморфизма; основные положения теории кристаллической решетки; законы симметрии и их приложение к кристаллическим телам; реальные структуры кристаллов; рост кристаллов и их свойства; генезис и классификацию минералов и горных пород; основные рудные месторождения.  Основным строением атома и квантовой механики	Формированием наноструктурных металлических материалов.
--	-------	--	-------	-------	--	---

В результате освоения дисциплины студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

**Планируемые результаты освоения дисциплины**

№ п/п	Результат
РД1	Уметь выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы (ПК-19)
РД2	Уметь использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности (ПК-20)
РД3	Уметь использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы

\*\*Расшифровка кодов результатов обучения и формируемых компетенций представлена в Основной образовательной программе подготовки бакалавров по направлению «Металлургия».

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

##### **Тема 1. Кристаллохимия, кристаллография.**

Типы связей в твердых телах. Атомные и ионные радиусы. Пространственная решетка, элементарная ячейка. Решетки Бравэ, параметры элементарной ячейки: тип, период, базис. Координационные числа, плотность упаковки. Полиморфизм и изоморфизм кристаллов.

**Тема 2. Общие представления о методах исследования структуры материалов.** Основной набор физических методов как единая система, позволяющая измерить или вычислить большинство из известных свойств, характеристик и параметров твердых тел: основные знания и навыки, приобретаемые студентами; физические явления, лежащие в основе методов; принципиальные и реальные возможности различных методов; особенности методик, требования к исследуемым образцам и используемой аппаратуре (приборам).

*Лабораторная работа 1.* Определение символов граней кристаллов.

**Тема 3. Методы рентгеноструктурного анализа монокристаллов.** Методы неподвижного и вращающегося кристалла. Представление методов в обратном пространстве. Области применения методов. Методы рентгеноструктурного анализа поликристаллов. Метод Дебая. Представление метода в обратном пространстве. Техника получения рентгенограмм. Рентгеновские камеры и дифрактометры. Индексирование рентгенограмм поликристаллов аналитическим и графическим методами.

*Лабораторная работа 2.*

Определение элементов симметрии в кристаллах и их определение.

**Тема 4. Взаимодействие электронов с веществом.** Рассеяние электронов. Генерация вторичных электронов. Медленные и быстрые вторичные электроны. Оже- электроны. Генерация электронно-дырочных пар и катодолуминесценция. Генерация плазмонов и фононов.

**Тема 5. Конструкция электронного микроскопа.** Оптическая схема и принцип действия. Техника электронной микроскопии. Методы приготовления объектов исследования. Электронография. Принципы дифракции быстрых электронов. Принципы метода рентгеноспектрального микроанализатора. Устройство рентгеноспектрального микроанализатора. Волновой и энерго-дисперсионный детекторы. Характеристики и

возможности микрорентгеноспектрального анализа. Техника применения рентгеноспектрального микроанализатора. Качественный анализ химического состава в точке, по направлению, по площади. Локальность и чувствительность метода. Количественный анализ химического состава. Возможности и точность количественного анализа

*Лабораторная работа 3. Определение простых форм кристаллов*

**Тема 6. Спектрометрия в просвечивающей электронной микроскопии.** Рентгеновская спектрометрия (XEDS). Спектрометры рентгеновского излучения. Полупроводниковые детекторы (ППД) рентгеновского излучения (ПИ). Артефакты XEDS. Пространственное разрешение в XEDS. Спектрометрия потерь энергии электронов (EELS). Пик нулевых потерь. Малые потери электронов. Область больших потерь. Принципы растровой электронной микроскопии. Конструкция растрового электронного микроскопа. Приготовление образцов. Формирование контраста во вторичных и отраженных электронах. Топографический и композиционный контрасты

## **5. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **5.1. Виды и формы самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий;
- опережающая самостоятельная работа;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольным работам, зачету.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

1. Классификация наноструктурных материалов;
2. Свойства вещества в наноструктурном состоянии: оптические свойства;

3. Свойства вещества в наноструктурном состоянии: механические свойства;
4. Свойства вещества в наноструктурном состоянии: магнитные свойства;
5. Поверхность наноструктурного материала: дефекты структуры;
6. Методы получения наноматериалов;
7. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: сканирующая туннельная микроскопия;
8. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: сканирующая атомно-силовая микроскопия;
9. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: автоионная микроскопия;
10. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: радиоспектроскопия;
11. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: ИК и КР-спектроскопия;
12. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопия;
13. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: Мессбауэровская спектроскопия;
14. Методы исследования вещества в нанокристаллическом состоянии: дифракционная электронная микроскопия – дифракция в аморфных веществах

## 5.2. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- Промежуточный контроль знаний – теоретических и практических – производится в процессе защиты студентами лабораторных.
  - Устный опрос на лекциях по пройденному материалу;
- Проверка конспектов по самостоятельной работе

## 6. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Кол-во баллов
выполнение и защита лабораторных работ	РД1
выполнение и защита практических работ	РД2
выступление с докладом на конференц-неделе	РД2
тестирование	РД3

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

- вопросы, для текущего контроля

Вопрос:	Почему возможность достижения коэффициента вторичной эмиссии, большего единицы, имеет большую практическую значимость?
Ответ:	А. При этом велико отношение сигнал-шум Б. Изображения при этом имеют очень хорошую яркость В. Изображения при этом имеют очень хорошую контрастность Г. Возможно компенсировать эффект зарядки образцов

- вопросы для самоконтроля

Вопрос:	Вторичным электронам обычно приписывается диапазон энергий
Ответ:	А. 0 – 1 эВ Б. 0 – 50 эВ В. 0,1 – 0,5 энергии электронов пука Г. 0,9 – 1,0 энергии электронов пучка

- зачетное тестирование

1. Основной набор физических методов как единая система, позволяющая измерить или вычислить большинство из известных свойств, характеристик и параметров твердых тел;
2. Принципы растровой электронной микроскопии;
3. Физика рентгеновских лучей. Способы получения и природа рентгеновских лучей;
4. Фрактография. Качественные и количественные методы;
5. Конструкция нейтронного дифрактометра;
6. Использование методов просвечивающей электронной микроскопии для исследования структуры деформированного металла;
7. Взаимодействие электронов с веществом;
8. Выбор методов структурного анализа при решении задач материаловедения;
9. Особенности подготовки объектов исследования методами сканирующей электронной микроскопии;
10. Особенности подготовки объектов исследования методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии;
11. Методы рентгеноструктурного анализа монокристаллов. Методы неподвижного и вращающегося кристалла.
12. Представление методов рентгеноструктурного анализа в обратном пространстве;
13. Области применения методов рентгеноструктурного анализа

монокристаллов;

14. Основы метода спектроскопии Оже-электронов;

15. Конструкция Оже-спектрометра;

16. Применение электронной микроскопии. Исследование гетерофазных структур. Виды контраста на выделениях второй фазы. Влияние частиц второй фазы на картину дифракции;

17. Возможности и примеры применения Оже-электронной микроскопии;

18. Конструкция электронного микроскопа. Оптическая схема и принцип действия;

19. Электронография. Принципы дифракции быстрых электронов;

20. Построение сечений обратных решеток кристаллов. Индексирование микроэлектронограмм;

21. Электронно-микроскопические изображения. Теория дифракционного контраста. Экстинкционная длина;

22. Формирование изображений в светлом и темном полях методами электронной микроскопии;

23. Спектрометры рентгеновского излучения. Полупроводниковые детекторы рентгеновского излучения;

24. Применение электронной микроскопии. Локальный фазовый анализ;

Применение электронной микроскопии. Определение ориентационного соотношения кристаллов.

## **7. Рейтинг качества освоения дисциплины**

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.



<b>Контролирующие мероприятия</b>	<b>Кол-во баллов</b>
Защита лабораторных работ	50
Защита практических работ	-
Выполнение контрольных работ (конференц-неделя)	10
Зачёт	40
Итого	100

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

### **Основная литература**

1. Минералогия, петрография и рентгенография. – М.: Металлургия, 1990. – 262 с.
2. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka stali: Spravochnik v 3-x tomakh /Pod red. M.L. Bernштейна, A.G. Raxштадта. 4-е изд. Перераб. и доп. Т.1. Методы испытания и исследования. В 2-х книгах. – М.: Металлургия, 1991. – 304 с.

### **Вспомогательная литература**

1. М.П. Шаскольская. Кристаллография. – М.: Высшая школа, 1976. – 391с.
2. В.Т. Бублик, А.Н. Дубровина. Сборник задач и упражнений по курсу «Методы исследования структуры». – М.: Высшая школа, 1988. – 192.
3. А.П. Гуляев. Metallovedenie. – М.: Металлургия, 1986. – 546 с.
4. Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982. – 632 с.
5. Перспективные материалы. Структура и методы исследования Учеб. пособие / Под ред. Д. Л. Меерсона. – Тольятти: ТГУ, МИСиС, 2006. – 536 с.

### **Интернет-ресурсы:**

1. Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]: [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)
2. Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]: <http://nanodigest.ru/>
3. Нанотехнологии. Научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: <http://nano-info.ru/>
4. Нанотехнологии: сегодня и будущее. [Электронный ресурс]: <http://www.nanoevolution.ru/cat/nanomedicina/>

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

1. Демонстрационные плакаты.
2. Набор кристаллов для лабораторных занятий.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению «Металлургия» и профилю подготовки

«Металлургия черных металлов».

Программа одобрена на заседании кафедры «Металлургия черных металлов» (протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.).

Автор(ы): к.т.н., доцент Д.В. Валуев

Рецензент к.т.н., А.А. Сапрыкин