

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 13.11.2023 16:27:00  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«01» марта 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ РЕНТГЕНО- И НЕЙТРОНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА**

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация:

**«Радиационная химия и радиационное материаловедение»**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **радиационной технологии**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой  доцент		профессор И.В. Юдин  С.Л.Панасюк

Рабочая программа дисциплины «Основы рентгено- и нейтроноструктурного анализа»  
обсуждена на заседании кафедры радиационной технологии  
протокол от от «17» февраля 2021 № 2

Заведующий кафедрой

И.В. Юдин

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «25» февраля 2021 № 5

Председатель

А.П. Сусла

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»		профессор И.В. Юдин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	04
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	05
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа.....	06
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	06
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	07
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	07
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	08
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	08
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	08
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	09
10.2. Программное обеспечение.....	09
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	09
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	09
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	09

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

В результате освоения образовательной программы дисциплины обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<b>ПК-3</b> Способен самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	<b>ПК-3.3</b> Проведение анализа материалов современной энергетики ядерно-физическими методами	<b>Знать:</b> особенности аналитического контроля в отрасли, стандартные рентгено- и нейтронографические методы анализа. <b>Уметь:</b> применять стандартные и специфические методы ядерно- физического анализа для решения практических задач; <b>Владеть:</b> стандартными и специфическими методами ядерно-физического анализа материалов современной энергетики.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам специализации части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.8.09.04) и изучается на 3 курсе в 5 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Физика», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Основы рентгено- и нейтроноструктурного анализа» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении практик, в научно-исследовательской работе обучающегося и при выполнении выпускной квалификационной работы.

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

### 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	4/ 144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>58</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36 (11)-
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	4
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>86</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет

### 4. Содержание дисциплины.

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского о типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение	2				ПК-3	ПК-3.3
2.	Рассеяние нейтронов низких энергий и рентгеновского излучения ядрами, атомами, кристаллами	6	12		30	ПК-3	ПК-3.3
3.	Основы дифракционной оптики периодических сред.	4	12		26	ПК-3	ПК-3.3
4.	Экспериментальные дифракционные методы в материаловедении	6	12		30	ПК-3	ПК-3.3

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	Введение. История развития структурного анализа.	2	Л, ЛВ
2.	Рассеяние нейтронов низких энергий и рентгеновского излучения ядрами, атомами, кристаллами	6	Л, ЛВ
3.	Основы дифракционной оптики периодических сред	4	Л, ЛВ
4.	Экспериментальные дифракционные методы в материаловедении	6	Л, ЛВ

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час)	В т.ч. практич.подгот.	Инновационная форма
Рассеяние нейтронов низких энергий и рентгеновского излучения ядрами, атомами, кристаллами ( раздел № 2)	<p>- Структурные амплитуды и факторы рассеяния волн кристаллами с ОЦК, ГЦК кристаллическими решетками, кристаллами со структурой алмаза, сернистого цинка.</p> <p>-Атомная амплитуда рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов сферически симметричным атомом. Ядерная амплитуда рассеяния. Магнитная амплитуда рассеяния нейтронов.</p> <p>-Оценка поправок на тепловое диффузное рассеяние и на поглощение.</p>	12		КрСт
Основы дифракционной оптики периодических сред (раздел № 3)	<p>- Рефлективность кристаллической пластины в случае геометрии Брэгга и Лауэ.</p> <p>- Полное внешнее отражение рентгеновских лучей и нейтронов.</p> <p>- Выход характеристического и тормозного излучения с поверхности анода рентгеновской трубки.</p> <p>- Синхротронные источники рентгеновского излучения.</p>	12		КрСт

Экспериментальные дифракционные методы в материаловедении (раздел № 4)	- Расчет сеттингов для двухосевых и трехосевых дифрактометров и построение соответствующих векторных диаграмм рассеяния для нейтронов и рентгеновских лучей.	12	11	КрСт
<b>ИТОГО</b>		<b>36</b>		

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма текущего контроля
2	Основные достижения структурной рентгенографии в изучении атомной структуры конденсированных сред	11	Устный опрос 1
2	Основные достижения нейтронографического структурного анализа конденсированных сред	15	
3	Современные источники рентгеновских лучей. Синхротронное излучение.	20	Устный опрос 2
4	Современные экспериментальные методы изучения атомной динамики кристаллических сред	20	
4	Применение малоуглового рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов низких энергий в материаловедении	20	

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в 5-ом семестре.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

<p>Вариант № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте основные исторические этапы в развитии дифракционных методов в материаловедении.</li> <li>2. Атомная амплитуда рассеяния рентгеновских лучей и тепловых нейтронов в сферически симметричном случае.</li> </ol>
---

Фонд оценочных средств по дисциплине приведен в приложении 1.

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания**

1. Мартинсон, Л.К. Квантовая физика: учебное пособие/ Л.К. Мартинсон., Е.В. Смирнов.- Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009 . - 528 с. ISBN 978-5-7038-3371-1
2. Винтайкин, Б.Е. Физика твердого тела/ Б.Е. Винтайкин.- Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 250 с. ISBN 978-5-7038-2459-7
3. Трушин, Ю.В. Физические основы материаловедения: учебное пособие /Ю.В.Трушин Издание второе (переработанное и дополненное): Санкт-Петербург. : Издательство Академического университета, 2015. – 356 с. ISBN 978-5-9064-3304-6

### **б) электронные учебные издания:**

1. Павлова, Е.А. Определение фазового состава кристаллического вещества с помощью рентгенофазового анализа : методические указания к лабораторной работе / Е. А. Павлова, О. В. Проскурина. - Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 24с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 14.02.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: МИФИ, 2008. Том 3. Методы исследования структурно-фазового состояния материалов/ Н.В. Волков, В.И. Скрытный, В.П. Филиппов, В.Н. Яльцев. –М.: МИФИ, 2008. – 808 с. ISBN 978-5-7262-0821-3. URL: <https://bookree.org/reader?file=1427768> (дата обращения 08.02.2021). Режим доступа: свободный)
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека. Режим доступа - <http://www.gpntb.ru>.
3. Научно-техническая библиотека springerlink . Режим доступа - <http://www.springerlink.com/home/main.mpx>
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Режим доступа -<http://elibrary.ru>
5. Электронно-библиотечные системы:  
«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;  
«Лань » <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Основы рентгено- и нейтроноструктурного анализа» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является: плановость в организации учебной работы; серьезное отношение к изучению материала; постоянный самоконтроль.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;  
видеоматериалы Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»;  
взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты и социальных сетей.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel).

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Информационно-поисковая система «РОСАТОМ»: <http://www.rosatom.ru/sitemap/>.

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 30 посадочных мест.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Основы рентгено- и нейтроноструктурного анализа»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание <sup>4</sup>	Этап формирования <sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>5</sup> Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.3</b> Проведение анализа материалов современной энергетики ядерно-физическими методами	<b>Перечисляет и правильно выбирает</b> стандартные и специфические методы ядерно-физического анализа	Правильные ответы на вопросы к зачету №1-19	Ориентируется в методах ядерно-физического анализа, определяя оптимальные условия проведения исследований.	Ориентируется в методах ядерно-физического анализа, определяя оптимальные условия проведения исследований, разбирается в особенностях аппаратуры.	Ориентируется в методах ядерно-физического анализа, определяя оптимальные условия проведения исследований, разбирается в особенностях аппаратуры, в зависимости от структурных особенностей исследуемых объектов может сделать вывод о предпочтительном методе анализа, с последующей интерпретацией полученных результатов
	<b>Оценивает и сравнивает</b> методы аналитического контроля в зависимости от исследуемого материала	Правильные ответы на вопросы к зачету №20-29	Ориентируется в методах аналитического контроля, определяя чувствительность каждого метода.	Ориентируется в методах аналитического контроля, определяя чувствительность каждого метода, а также основные элементы приборов и специфику их работы.	Ориентируется в методах аналитического контроля, определяя чувствительность каждого метода, а также основные элементы приборов и специфику их работы, безошибочно определяет параметры проведения исследования с четким обоснованием.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Рассчитывает</b> основные параметры процессов, связанных с рассеянием рентгеновского излучения и нейтронов	Правильные ответы на вопросы к зачету № 30-41	Знает основы дифракции нейтронов и рентгеновского излучения, рассчитывает основные величины и определяет их взаимосвязь.	Знает основы дифракции нейтронов и рентгеновского излучения, рассчитывает основные величины и определяет их взаимосвязь. Знает устройство стандартного дифрактометра, основы геометрии съемки. Может рассчитать основные кристаллографические параметры.	Знает основы дифракции нейтронов и рентгеновского излучения, рассчитывает основные величины и определяет их взаимосвязь. Знает устройство стандартного дифрактометра, основы геометрии съемки. Без ошибок рассчитывает основные кристаллографические параметры с последующим анализом полученных результатов.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ)

Промежуточная аттестация производится в форме зачета. Оценка зачтено/не зачтено.

### **3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме зачета.**

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного ниже.

1. Опишите схематично устройство современных источников рентгеновского излучения и источников нейтронов низких энергий.

2. Напишите соотношения между импульсом, волновым вектором и длиной волны частицы. Напишите выражение для кинетической энергии частицы, если известны ее масса и длина волны по де-Бройлю.

3. Найдите индексы Миллера для кристаллографической плоскости, пересекающей оси координат орторомбической решетки на расстояниях от начала координат: по оси  $X$  –  $1a$ , по оси  $Y$  –  $3b$ , по оси  $Z$  –  $2c$ . Напишите выражение для вектора обратной решетки, соответствующего кристаллографическим плоскостям с этими индексами Миллера.

4. Найдите индексы Миллера для кристаллографической плоскости, пересекающей оси координат орторомбической решетки на расстояниях от начала координат: по оси  $X$  –  $1a$ , по оси  $Y$  –  $3b$ , по оси  $Z$  –  $2c$ . Напишите выражение для вектора обратной решетки, соответствующего кристаллографическим плоскостям с этими индексами Миллера.

5. Дайте определение правила геометрического построения зоны Бриллюэна в обратной решетке, заданной явно своими узлами.

6. Приведите примеры точечных, линейных и двумерных дефектов в реальных кристаллах. Приведите примеры влияния дефектов на различные макрофизические свойства кристаллов.

7. Рассеяние электромагнитных волн электронами и протонами. Рассеяние связанным электроном. Аномальная дисперсия.

8. Основные явления рентгеновской и нейтронной кристаллооптики. Преломление и полное отражение на границах сред. Брегговское отражение. Рассеяние на малые углы. Подавление неупругих каналов.

9. Дайте общий обзор методов определения атомной структуры кристаллов. Приведите классификацию методов.

10. Дайте общий обзор методов изучения динамики атомной и электронной подсистем кристаллов.

11. Дайте общий обзор методов определения атомной структуры кристаллов. Приведите классификацию методов.

12. Дайте общий обзор методов изучения динамики атомной и электронной подсистем кристаллов.

13. Опишите основные процессы взаимодействия медленных нейтронов с веществом. Какие явления называют когерентным и некогерентным рассеянием нейтронов?

14. Напишите соотношения между импульсом, волновым вектором и длиной волны частицы. Напишите выражение для кинетической энергии частицы, если известны ее масса и длина волны по де-Бройлю.

15. Приведите выражение для собственных функций оператора импульса. Получите спектр собственных значений оператора импульса, используя циклические граничные условия для нормировочного объема в виде куба.

16. Как формулируются циклические граничные условия для собственных волновых функций оператора импульса в физике твердого тела для идеальных кристаллов?

17. Приведите соотношения квантовой физики, объединяющие волновые и корпускулярные свойства микрочастиц.

18. Назовите области структурного анализа, в которых нейтронографические методы имеют преимущество перед рентгенографическими. Поясните физические причины такого положения.
19. Приведите основные сведения о классификации кристаллических структур и о международной символике классов симметрии кристаллов. Приведите примеры основных типов структур.
20. Какое явление называют в волновой оптике упругим когерентным рассеянием рентгеновских, нейтронных волн? Опишите схематично дифракционные приборы, необходимые для соответствующих измерений.
21. Каковы особенности законов сохранения импульса и энергии при упругом когерентном рассеянии волн идеальными кристаллами. Приведите поясняющие векторные диаграммы. Что называют вектором рассеяния?
22. Приведите выражение для структурной амплитуды рассеяния волн в одноатомном кристалле (простое вещество).
23. Атомная амплитуда рассеяния субнанометровых волн сферически симметричным атомом.
24. Поглощение нейтронов и рентгеновского излучения веществом. Экстинкция нейтронного и рентгеновского пучка монохроматических лучей, дифрагирующих в кристалле.
25. Однофононное рассеяние тепловых нейтронов и дисперсионные законы атомной динамики кристаллов.
26. Экспериментальные дифракционные методы в структурном анализе вещества.
27. Устройство и области применения рентгеновских и нейтронных дифрактометров. Трёхосевые дифрактометры-спектрометры.
28. Магнитная нейтронография. Исследования магнитных структур и магнитной динамики кристаллов.
29. Малоугловое рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей. Определение интегральных параметров частиц дисперсных систем.
30. Критическое рассеяние нейтронов и рентгеновского излучения и структурные фазовые переходы в кристаллах. Критическое магнитное рассеяние тепловых нейтронов.
31. Динамика электронной подсистемы кристаллов по измерениям неупругого рассеяния рентгеновских лучей.
32. Основные явления рентгеновской и нейтронной кристаллооптики. Преломление и полное отражение на границах сред. Брегговское отражение. Рассеяние на малые углы. Подавление неупругих каналов.
33. Поясните смысл понятий геометрической кристаллографии точечная группа и ее операции симметрии, пространственная группа кристалла.
34. Приведите примеры точечных, линейных и двумерных дефектов в реальных кристаллах. Приведите примеры влияния дефектов на различные макрофизические свойства кристаллов.
35. Нарисуйте элементарные ячейки простой кубической решетки (ПК), объемноцентрированной кубической решетки (ОЦК), гранецентрированной кубической решетки (ГЦК). Какое количество узлов в среднем принадлежит этим элементарным ячейкам.
36. Приведите примеры простых и двух- трехатомных веществ, обладающих ПК. ОЦК. ГЦК решетками.
37. Постройте элементарную ячейку Вигнера-Зейтца для плоской прямоугольной и для плоской ромбической решеток.
38. Перечислите основные геометрические свойства векторов обратной решетки.
39. Приведите общее выражение для вектора обратной решетки кристалла с простой кубической решеткой, выразив его через элементарные трансляции прямой решетки этого кристалла.
40. Дайте определение правила геометрического построения зоны Бриллюэна в обратной решетке, заданной явно своими узлами.
41. Найдите индексы Миллера для кристаллографической плоскости, пересекающей оси координат орторомбической решетки на расстояниях от начала координат: по оси X –  $1/a$ ,

по оси  $Y$  –  $2b$ , по оси  $Z$  –  $2c$ . Напишите выражение для вектора обратной решетки, соответствующего кристаллографическим плоскостям с этими индексами Миллера.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.