

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 20.06.2022 12:24:03  
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

2017 г.



**Рабочая программа дисциплины**

**ОСНОВЫ РЕНТГЕНО- И НЕЙТРОНСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА**

*(начало подготовки – 2017 год)*

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация:

**№ 3 Технология теплоносителей и радиоэкология ядерных энергетических установок**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии**

Санкт-Петербург

2017

Б1.В.ДВ.04.02

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

### РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ

Доцент, канд. хим. наук

\_\_\_\_\_

В.А. Доильницын

Рабочая программа дисциплины «Основы рентгено- и нейтроноструктурного анализа»  
обсуждена на заседании кафедры инженерной радиозэкологии и радиохимической  
технологии  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г. № \_\_

Зав. кафедрой ИРРТ

\_\_\_\_\_

В.А. Доильницын

Рабочая программа дисциплины «Основы рентгено- и нейтроноструктурного анализа»  
одобрена учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г. № \_\_

Председатель

\_\_\_\_\_

В.В. Прояев

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки  
«Химическая технология материалов  
современной энергетики»

\_\_\_\_\_

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 (модуля) 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
4.3.2. Лабораторные занятия.....	06
4.4. Самостоятельная работа.....	07
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	07
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	07
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой 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.....	10
10.2. Программное обеспечение.....	10
10.3. Информационные справочные системы.....	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	10
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.	
2. Тест для текущего контроля самостоятельной работы.	

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

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-10	способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	<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. <b>Знать:</b> особенности аналитического контроля в отрасли, стандартные рентгено- и нейтронографические методы анализа.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Основы рентгено- и нейтроноструктурного анализа» (Б1.В.ДВ.04.02) относится к дисциплинам по выбору вариативной части программы и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Методы аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики», «Основы ядерной физики и дозиметрии».

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.

### 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	5 / 180
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>54</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>81</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экз. (45)

### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение	2	-	-	7	ПК-10
2	Рассеяние нейтронов низких энергий и рентгеновского излучения ядрами, атомами, кристаллами.	12	6	-	18	ПК-10
3	Основы дифракционной оптики периодических сред.	10	6	-	18	ПК-10
4	Экспериментальные дифракционные методы в материаловедении.	8	6	-	18	ПК-10
5	Избранные темы	4	-	-	20	ПК-10
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>81</b>	

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	Введение. История развития структурного анализа.	2	Слайд-презентация
2.	Рассеяние нейтронов низких энергий и рентгеновского излучения ядрами, атомами, кристаллами	12	Слайд-презентация
3.	Основы дифракционной оптики периодических сред	10	Слайд-презентация
4.	Экспериментальные дифракционные методы в материаловедении	8	Слайд-презентация
5.	Избранные темы	4	Слайд-презентация

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

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

№	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час)	Инновационная форма
1.	раздел № 2	- Структурные амплитуды и факторы рассеяния волн кристаллами с ОЦК, ГЦК кристаллическими решетками, кристаллами со структурой алмаза, сернистого цинка. -Атомная амплитуда рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов сферически симметричным атомом. Ядерная амплитуда рассеяния. Магнитная амплитуда рассеяния нейтронов. -Оценка поправок на тепловое диффузное рассеяние и на поглощение.	6	-
2.	раздел № 3	- Рефлективность кристаллической пластины в случае геометрии Брэгга и Лауэ. - Полное внешнее отражение рентгеновских лучей и нейтронов. - Выход характеристического и тормозного излучения с поверхности анода рентгеновской трубки. - Синхротронные источники рентгеновского излучения.	6	-
3	раздел № 4	- Расчет сеттингов для двухосевых и трехосевых дифрактометров и построение соответствующих векторных диаграмм рассеяния для нейтронов и рентгеновских лучей.	6	Слайд-презентация
	<b>ИТОГО</b>		<b>16</b>	

##### 4.3.2. Лабораторные занятия.

Лабораторные занятия не предусмотрены.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма текущего контроля
1	История становления рентгенографии и нейтронографии	7	(КСР не предусмотрен учебным планом)
2	Основные достижения структурной рентгенографии в изучении атомной структуры конденсированных сред	18	
3	Основные достижения нейтронографического структурного анализа конденсированных сред	18	
4	Современные экспериментальные методы изучения атомной динамики кристаллических сред	18	
5	Применение малоуглового рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов низких энергий в материаловедении Современные источники рентгеновских лучей. Синхротронное излучение.	20	

Контроль самостоятельной работы может быть проведен в форме тестирования (см. Приложение 2).

#### 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 экзамена в 7 семестре.

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

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня (Прил. 1), время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1
1. Сформулируйте основные исторические этапы в развитии дифракционных методов в материаловедении.
2. Атомная амплитуда рассеяния рентгеновских лучей и тепловых нейтронов в сферически симметричном случае.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Мартинсон, Л.К. Квантовая физика: учебное пособие/ Л.К. Мартинсон., Е.В. Смирнов.- М.:МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009 . - 528 с.
2. Винтайкин, Б.Е. Физика твердого тела/ Б.Е. Винтайкин.- МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 250 с.
3. Матухин, В.Л. Физика твердого тела : Учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 218 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Экспериментальные методы химии высоких энергий: учебное пособие / Под общ. ред. М.Я.Мельникова. – М.:Изд-во МГУ, 2009. – 824 с.
2. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела : учебное пособие / А. П. Мейлахс, А. Я. Вуль ; СПбГТИ(ТУ). Каф. физ. химии. - СПб. : [б. и.], 2015. - 83 с. (ЭБ)

### **в) вспомогательная литература:**

1. Гуревич, И.И.Физика нейтронов низких энергий./ И.И. Гуревич, Л.В. Тарасов.-М.: Наука, 1965,-608с.
2. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела/ Ч. Киттель. -М.: Наука, 1978.- 791с.
3. Пинскер, З.Г. Рентгеновская кристаллооптика/ З.Г.Пинскер. –М.: Наука, 1982.- 390с.
4. Свергун, Д.И. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние/ Д.И. Свергун, Л.А. Фейгин. –М.: Наука, 1986. – 280 с.
5. Каули, Дж. Физика дифракции/ Дж. Каули. –М.: Мир, 1979. -432 с.
6. Шаскольская, М.П. Кристаллография/ М.П. Шаскольская. –М.: Высшая школа, 1976. - 302 с.

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

1. С. А. Кабакчи, Г. П. Булгакова. Радиационная химия в ядерном топливном цикле. <http://www.chemnet.ru/rus/teaching/kabakchi/welcome.html>
2. [www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru), [www.gosnadzor.ru](http://www.gosnadzor.ru), [www.tvel.ru](http://www.tvel.ru), [www.rosenergoatom.ru](http://www.rosenergoatom.ru),
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека. Режим доступа - <http://www.gpntb.ru>.
4. Научно-техническая библиотека [springerlink](http://www.springerlink.com) . Режим доступа - <http://www.springerlink.com/home/main.mpx>
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Режим доступа - <http://elibrary.ru>
6. Библиотека публикаций по прикладной радиационной химии. Режим доступа - [http://mitr.p.lodz.pl/biomat/pub\\_main.html](http://mitr.p.lodz.pl/biomat/pub_main.html),
7. 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 нейтронноструктурного анализа» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

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 УКДВ. 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;  
взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты и социальных сетей.

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

Microsoft Office (Microsoft Excel).

### **10.3. Информационные справочные системы.**

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

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

Для проведения лекционных и практических используются учебные аудитории, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных занятий используются компьютерные презентации, видеоматериалы и учебные фильмы, демонстрируемые на экране при помощи персонального компьютера (ноутбука), мультимедийного проектора и аудиокколонок.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащены специализированной мебелью и техническими средствами.

## **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.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
ПК-10	способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение разделов № 1-5	Умеет применять стандартные и специфические методы ядерно-физического анализа для решения практических задач; Владеет стандартными и специфическими методами ядерно-физического анализа материалов современной энергетики. Знает особенности аналитического контроля в отрасли, стандартные рентгено- и нейтронографические методы анализа.	Правильные ответы на вопросы №1-41	ПК-10

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, шкала оценивания – балльная.

**3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

**3.1 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена.**

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

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

**а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-10:**

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  $X$  –  $1a$ , 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) 016-2014. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

### Тестовые материалы, используемые при самоконтроле знаний студентов

1. а) Для обозначения кристаллографических плоскостей кристаллов используются индексы Федорова.

б) Для обозначения кристаллографических плоскостей кристаллов используются индексы Мюллера.

в) Для обозначения кристаллографических плоскостей кристаллов используются индексы Шенфлиса.

г) Для обозначения кристаллографических плоскостей кристаллов используются индексы Миллера.

ОТВЕТ 1 \_\_да - нет \_\_; 2 \_\_да – нет \_\_; 3 \_\_да - нет \_\_ ; 4 \_\_да - нет \_\_.

2. а) Электромагнитные волны рентгеновского диапазона практически одинаково рассеиваются протонами и электронами из-за равенства их зарядов по абсолютной величине.

б) Электромагнитные волны рентгеновского диапазона весьма слабо рассеиваются протонами по сравнению с рассеянием их электронами несмотря на равенство их зарядов по абсолютной величине.

в) Электромагнитные волны рентгеновского диапазона неодинаково рассеиваются протонами и электронами несмотря на равенство их зарядов по абсолютной величине, но из-за различий в знаках зарядов.

3. а) Объем нормировки для собственных функций оператора импульса в квантовой физике кристаллов выбирают в форме, совпадающей с геометрической формой куба.

б) Объем нормировки для собственных функций оператора импульса в квантовой физике кристаллов выбирают в форме, совпадающей с геометрической формой элементарной ячейки кристалла.

в) Объем нормировки для собственных функций оператора импульса в квантовой физике кристаллов выбирают в форме, совпадающей с геометрической формой прямоугольного параллелепипеда.

г) Объем нормировки для собственных функций оператора импульса в квантовой физике кристаллов выбирают в виде параллелепипеда с углами между рёбрами равными углам между рёбрами элементарной ячейки кристалла и длинами рёбер кратными соответствующим элементарным трансляциям решетки кристалла.

4. а) Значения индексов векторов обратной решетки кристалла обратно пропорциональны значениям индексов соответствующих кристаллографических плоскостей прямой решетки кристалла.

б) Значения индексов векторов обратной решетки кристалла идентичны индексам соответствующих систем кристаллографических плоскостей прямой решетки кристалла.

в) Значения индексов векторов обратной решетки кристалла не связаны с индексацией кристаллографических плоскостей прямой решетки кристалла.

5. а) В квантовой физике кристаллов собственные функции оператора импульса принято моделировать тригонометрическими функциями синуса, зависящими от пространственных координат и волнового вектора.

б) В квантовой физике кристаллов собственные функции оператора импульса принято моделировать тригонометрическими функциями косинуса, зависящими от пространственных координат и волнового вектора.

- в) В квантовой физике кристаллов собственные функции оператора импульса принято моделировать экспоненциальными функциями с мнимым аргументом, являющимся скалярным произведением волнового вектора на радиус-вектор пространственной точки.
- г) В квантовой физике кристаллов собственные функции оператора импульса принято моделировать экспоненциальными функциями с действительным значением аргумента, являющимся скалярным произведением волнового вектора на радиус-вектор пространственной точки.
6. а) Динамикой атомной подсистемы кристалла называют процесс перемещений атомов кристалла под воздействием тепловых или иных воздействий на кристалл.
- б) Динамикой атомной подсистемы кристалла называют колебательное движение атомов кристалла относительно своих положений равновесия.
- в) Динамикой атомной подсистемы кристалла называют закономерности распространения волн упругих колебаний атомов, взаимное движение которых скоррелировано в пространстве и времени.
7. а) Нейтрон является нейтральной частицей, то есть его электрический заряд равен нулю. Вследствие отсутствия электрического заряда нейтрон не может обладать собственным магнитным моментом.
- б) Нейтрон является нейтральной частицей, обладающей собственным (спиновым) механическим моментом, но не имеющей магнитного момента.
- в) Нейтрон является нейтральной частицей, не имеющей собственного (спинового) механического момента и не имеющей магнитного момента.
- г) Нейтрон является нейтральной частицей, обладающей собственным (спиновым) механическим моментом и имеющей магнитный момент.
8. а) Метод Лауэ, применяемый в рентгенографии или нейтронографии, использует узкий монохроматический пучок рентгеновских лучей или тепловых нейтронов.
- б) Метод Лауэ, применяемый в рентгенографии или нейтронографии, использует широкий немонахроматический пучок рентгеновских лучей или тепловых нейтронов.
- в) Метод Лауэ, применяемый в рентгенографии или нейтронографии, использует узкий немонахроматический пучок рентгеновских лучей или тепловых нейтронов.
9. а) Метод Лауэ широко используется в структурном анализе для определения кристаллической структуры поликристаллов.
- б) Метод Лауэ широко используется в структурном анализе для определения кристаллической структуры монокристаллов.
- в) Метод Лауэ используется для определения симметрии кристалла и его ориентации. Однако, этот метод не позволяет дать полное определение для всех точечных групп симметрии кристаллов.
- г) Метод Лауэ используется в структурном анализе для полного определения точечной группы симметрии кристалла.
10. а) В методе вращения для структурного анализа кристаллов используется монохроматический узконаправленный пучок рентгеновских лучей и монокристаллический образец, ориентированный одной из своих осей симметрии по направлению оси вращения образца кристалла.
- б) В методе вращения для структурного анализа кристаллов используется немонахроматический узконаправленный пучок рентгеновских лучей и монокристаллический образец, ориентированный одной из своих осей симметрии по направлению оси вращения образца кристалла.

- в) В методе вращения для структурного анализа кристаллов используется монохроматический узконаправленный пучок рентгеновских лучей и поликристаллический образец с произвольной ориентацией относительно оси вращения образца.
11. а) Метод Дебая, применяемый для анализа структуры сравнительно простых кристаллов, использует узконаправленный монохроматический пучок рентгеновских лучей (или нейтронов) и мелкозернистый поликристаллический или порошкообразный образец.
- б) Метод Дебая, применяемый для анализа структуры сравнительно простых кристаллов, использует узконаправленный монохроматический пучок рентгеновских лучей (или нейтронов) и монокристаллический образец.
- в) Метод Дебая, применяемый для анализа структуры сравнительно простых кристаллов, использует узконаправленный немонахроматический пучок рентгеновских лучей (или нейтронов) и мелкозернистый поликристаллический или порошкообразный образец.
12. а) Медленными нейтронами называют нейтроны, которые не вызывают ядерных реакций из-за малой кинетической энергии.
- б) Медленными нейтронами называют нейтроны, энергии которых относятся к части спектра нейтронов ядерного реактора, которая ниже той, что вызывает резонансные ядерные реакции.
- в) Медленными нейтронами часто называют нейтроны, энергии которых таковы, что их эквивалентные длины волн по своим значениям становятся сравнимыми с межатомными расстояниями кристаллов.
- г) Медленными нейтронами называют нейтроны, скорость движения которых существенно меньше скорости распространения звука.
13. а) В соотношении Эйнштейна для фотона находятся следующие величины: скорость света в числителе и частота электромагнитных колебаний в знаменателе.
- б) В соотношении Эйнштейна для фотона находятся следующие величины: длина волны в знаменателе, постоянная Планка и скорость света в числителе.
- в) В соотношении Эйнштейна для фотона находятся следующие величины: длина волны в знаменателе и постоянная Планка в числителе.
- г) В соотношении Эйнштейна для фотона находятся следующие величины: частота электромагнитных колебаний и постоянная Планка в числителе.
14. а) Исходя из уравнения Лауэ-Эвальда можно получить формулу Брегга всегда.
- б) Исходя из уравнения Лауэ-Эвальда получить формулу Брега нельзя, так как эти соотношения относятся к явлениям различной степени сложности.
- в) Исходя из уравнения Лауэ-Эвальда в некоторых простейших случаях можно получить формулу Брегга.
15. а) Упругим когерентным рассеянием рентгеновских лучей и тепловых нейтронов называют такое явление, которое описывается уравнением Лауэ и к которому можно применять формулу Брегга.
- б) Упругое когерентное рассеяние рентгеновских лучей и тепловых нейтронов описывается уравнением Лауэ, но формула Брегга к нему не применима.
- в) Упругое когерентное рассеяние тепловых нейтронов описывается законом столкновения упругих шаров, а упругое когерентное рассеяние рентгеновских лучей уравнением Лауэ.
16. а) Неупругое когерентное рассеяние тепловых нейтронов это явление, позволяющее экспериментально изучать дисперсионные зависимости или структуру энергетических зон электронной подсистемы кристаллов,

б) Неупругое когерентное рассеяние тепловых нейтронов это явление, позволяющее экспериментально изучать динамику коллективных колебательных атомных и магнитных возбуждений в кристаллах.

в) Неупругое когерентное рассеяние тепловых нейтронов является одним из механизмов радиационных повреждений конструкционных материалов ядерных реакторов.

17. а) Векторы обратной решетки кристалла противоположны по направлению соответствующим им векторам прямой решетки.

б) Векторы обратной и прямой решетки кристалла определяются векторными суммами элементарных трансляций соответствующих решеток.

в) Векторы обратной решетки кристалла по направлению и модулю определяются в общем случае только теми системами кристаллографических плоскостей прямой решетки кристалла, которые дают конструктивную интерференцию волн.

18. а) Обратная решетка кристалла, обладающего объемно-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет объемно-центрированную кубическую элементарную ячейку.

б) Обратная решетка кристалла, обладающего объемно-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет простую кубическую элементарную ячейку.

в) Обратная решетка кристалла, обладающего объемно-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет грани-центрированную кубическую элементарную ячейку.

19. а) Обратная решетка кристалла, обладающего грани-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет объемно-центрированную кубическую элементарную ячейку.

б) Обратная решетка кристалла, обладающего грани-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет грани-центрированную кубическую элементарную ячейку.

в) Обратная решетка кристалла, обладающего грани-центрированной кубической элементарной ячейкой прямой решетки, имеет простую кубическую элементарную ячейку.

20. а) Явления преломления и отражения лучей на границах сред, характерное для классической оптики, не наблюдаются в области рентгеновского диапазона длин волн и для тепловых нейтронов.

б) Явления преломления и отражения лучей на границах сред, характерное для классической оптики, не наблюдаются в области рентгеновского диапазона длин волн, но наблюдаются для тепловых нейтронов.

в) Явления преломления и отражения лучей на границах сред, характерное для классической оптики, наблюдаются в области рентгеновского диапазона длин волн и для тепловых нейтронов.

г) Явления преломления и отражения лучей на границах сред, характерное для классической оптики, наблюдаются в области рентгеновского диапазона длин волн, но не для тепловых нейтронов.

21. а) Комптоновское рассеяние является примером упругого когерентного рассеяния рентгеновских квантов электронами вещества.

б) Комптоновское рассеяние является примером неупругого когерентного рассеяния рентгеновских квантов электронами вещества.

в) Комптоновское рассеяние является примером упругого некогерентного рассеяния рентгеновских квантов электронами вещества.

г) Комптоновское рассеяние является примером неупругого некогерентного рассеяния рентгеновских квантов электронами вещества.

22. а) Атомная амплитуда рассеяния рентгеновских лучей приводится в единицах длины рассеяния этих лучей свободным электроном и быстро убывает с увеличением угла рассеяния.



б) Атомная амплитуда рассеяния рентгеновских лучей определяется линейным размером (радиусом) соответствующего атома и остаётся практически неизменной с увеличением угла рассеяния.

в) Атомная амплитуда рассеяния рентгеновских лучей пропорциональна значению классического радиуса электрона и увеличивается с увеличением угла рассеяния.

23. а) Атомная амплитуда рассеяния тепловых нейтронов немагнитным атомом может иметь как положительный, так и отрицательный знак и не имеет какой-либо определенной зависимости от числа нуклонов в ядре атома.

б) Атомная амплитуда рассеяния тепловых нейтронов немагнитным атомом практически не зависит от угла рассеяния.

в) Атомная амплитуда рассеяния тепловых нейтронов немагнитным атомом уменьшается с увеличением угла рассеяния при отрицательном знаке длины рассеяния и увеличивается с увеличением угла рассеяния при положительном знаке длины рассеяния.

г) Атомная амплитуда рассеяния тепловых нейтронов немагнитными атомами последовательно возрастает с ростом числа нуклонов в ядре атомов.

24. а) Обычные нейтронные дифрактометры тепловых нейтронов могут успешно использоваться для структурного анализа на атомном уровне как немагнитных, так и магнитных кристаллов.

б) Обычные нейтронные дифрактометры тепловых нейтронов могут успешно использоваться для структурного анализа на атомном уровне только немагнитных кристаллов.

в) Нейтронные дифрактометры тепловых нейтронов могут успешно использоваться для структурного анализа на атомном уровне магнитноупорядоченных кристаллов только при наличии специальных магнитных приставок.

25. а) Для экспериментальных измерений дисперсионных зависимостей для фононов и магнонов в монокристаллах успешно применяют обычные нейтронные дифрактометры, используемые в структурных исследованиях.

б) Для экспериментальных измерений дисперсионных зависимостей для фононов и магнонов в монокристаллах необходимы специальные трехосевые многокристалльные дифракционные спектрометры.

в) Для экспериментальных измерений дисперсионных зависимостей для фононов и магнонов в монокристаллах необходимы специальные время пролетные спектрометры.