



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Физический факультет
Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля):

Б1.В.ДВ.4 Физика рентгеновского излучения

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль): Физика конденсированного состояния

Квалификация (степень) выпускника : Бакалавр (академический бакалавриат)

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета.

Протокол № 3
от 28 июня 2016 г.

Зам. председателя УМІ
В.В. Чумак

Рекомендовано кафедрой
общей и экспериментальной физики.

Протокол №1
от 16 июня 2016 г.

Зав. кафедрой

А.А. Гаврилук

Иркутск 2016г.

Содержание

1	Цель и задачи дисциплины (модуля)	3
2	Место дисциплины (модуля) в структуре ООП	4
3	Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	4
4	Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	6
5	Содержание дисциплины (модуля)	7
	5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	7
	5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	9
	5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) в виде занятий	9
6	Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	9
7	Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	11
8	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	11
	а) основная литература;	
	б) дополнительная литература;	
	в) программное обеспечение;	
	г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
9	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	12
10	Образовательные технологии	12
11	Оценочные средства (ОС)	12
	11.1 Оценочные средства	12
	11.2 Оценочные средства текущего контроля	12
	11.3 Оценочные средства для промежуточной аттестации в форме экзамена	13

Цели и задачи дисциплины

Рентгеновские лучи являются коротковолновым электромагнитным излучением, волновые характеристики которого определяются законами квантовой механики и тесно связаны со строением атома. Энергия рентгеновского излучения есть энергия фотонов, отражающих корпускулярные свойства электромагнитных волновых процессов.

При современном развитии естественных наук знание физических процессов возникновения рентгеновского излучения и его взаимодействия с веществом совершенно необходимо для определения новых и развития традиционных направлений его использования в химии, биологии, металлургии, материаловедении и других отраслях. Поэтому сведения о рентгеновском излучении и его свойствах необходимы выпускникам физических специальностей с учетом широкого спектра направлений, где эти знания будут востребованы.

Целью курса «Физика рентгеновского излучения» является изучение физических процессов, приводящих к возникновению рентгеновского излучения и происходящих при его взаимодействии с веществом. Освоение студентами теории указанных процессов, приобретение ими навыков решения практических задач и навыков работы с современной рентгеноспектральной аппаратурой.

Задачи дисциплины

Данный курс призван решить следующие задачи:

- освоение существующих теоретических представлений о природе и свойствах рентгеновского излучения и накопленных экспериментальных знаний, подтверждающих эти представления.
- приобретение навыков работы с рентгеноспектральным оборудованием в ходе выполнения конкретных научно-исследовательских работ
- приобретение навыков решения практических задач, возникающих в процессе использования рентгеновского излучения в производственных условиях и при выполнении научно-исследовательских работ

– развитие у студентов творческого подхода к возможному использованию рентгеновского излучения при решении возникающих на практике неординарных задач.

Программа ориентирована на развитие у студентов интереса к познанию физических явлений, приобретению навыков самостоятельного изучения фундаментальных основ науки и их приложений.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физика рентгеновского излучения» входит в модуль Общая физика базовой части Б1.В.ДВ.4 профессионального цикла основной образовательной программы по направлению **03.03.02 Физика**. При изучении «Физики рентгеновского излучения» используются знания, приобретенные студентами при изучении курсов «Аналитическая геометрия», «Строение вещества», «Квантовая механика», «Атомная и ядерная физика».

«Физика рентгеновского излучения» служит базой для освоения дисциплин, связанных с использованием свойств этого излучения при решении ряда научных и производственных задач. В частности, курс готовит студентов к успешному восприятию таких тем, как «рентгеноструктурный анализ», «физические основы рентгенофлуоресцентного анализа», «микронзондовый рентгеноспектральный анализ».

Общая трудоемкость дисциплины – 4 зачетных единицы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3); способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1); способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных теоретических физических исследований

с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2).

В результате изучения дисциплины студент должен *знать*: природу и свойства рентгеновского излучения, теоретические основы и законы физики рентгеновского излучения, правила безопасной работы с источниками ионизирующих излучений;

уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию, пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики, эксплуатировать современное рентгеноспектральное оборудование в производственных условиях и в научно-исследовательских учреждениях;

владеть: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (распределяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов/ зачетных единиц	Семестры			
		7	-	-	-
Аудиторные занятия (всего)	62/1.7	62/1.7	-	-	-
В том числе:					
Лекции	18/0.5	18/0.5	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	36/1	36/1			
Контроль самостоятельн. работы (КСР)	8 / 0.2	8 / 0.2	-	-	-
Самостоятельная работа (всего)	82/2.3	82/2.3	-	-	-
В том числе:					
Курсовой проект	-	-	-	-	-

Расчетно-графические работы	-	-	-	-	-
Реферат (при наличии)	25	25	-	-	-
Домашние контрольные работы	57	57	-	-	-
Вид аттестации: зачет			-	-	-
Общая трудоемкость часы	144	144	-	-	-
Зачетные единицы	4	4			

5. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение (История становления и развития физики рентгеновского излучения).

Открытие и установление природы рентгеновского излучения, дифракция на кристаллах (открытие Лауэ, закон Вульфа - Бреггов), характеристическая и тормозная составляющие излучения, классификация характеристических спектров (Мозли, Бор, Зоммерфельд, Шредингер), тормозной спектр (Куленкампф, Крамерс), рентгеновская флуоресценция. Лауреаты Нобелевской премии за исследования рентгеновского излучения. Современное состояние физики рентгеновского излучения.

Тема 2. Характеристическое рентгеновское излучение.

Энергия рентгеновских уровней атома, систематика характеристических линий, закон Мозли, спин - дублеты в рентгеновском излучении, дублеты экранирования, определение постоянных экранирования, тонкая структура рентгеновских уровней, интенсивность линий характеристического спектра, относительная интенсивность линий (правила отбора, влияние "заселенности" уровней, интенсивность линий в мультиплете, переходы Костера – Кронига, практическое определение вероятностей внутриатомных переходов), выход рентгеновской флуоресценции, интенсивность характеристического излучения, возбужденного потоком электронов (базовая формула, учет обратного рассеяния электронов, поглощение в мишени, эффект избирательного возбуждения, моделирование процессов возбуждения методом статистического оценивания).

Тема 3. Тормозное рентгеновское излучение.

Спектральное распределение интенсивности тормозного излучения (базовые уравнения для случаев тонкой и массивной мишени), модификации уравнения Крамерса, пространственное распределение тормозного излучения, его поляризация.

Тема 4. Источники рентгеновского излучения.

Излучение рентгеновских трубок (соотношение интенсивностей характеристической и тормозной составляющих, спектральное распределение излучения, влияние на спектральную интенсивность возврата обратно рассеянных электронов). Возбуждение рентгеновского излучения пучком ионов (характеристическая и тормозная составляющие), радиоактивные источники (захват ядром электрона с K – оболочки, внутренняя конверсия, тормозное и характеристическое излучение β - источников, рентгеновское сопровождение α - распада), синхротронное рентгеновское излучение, высокотемпературная плазма - как источник рентгеновского излучения, рентгеновские лазеры.

Тема 5. Поглощение рентгеновского излучения.

Электронный, частичный и атомный коэффициенты поглощения (вывод формулы в классическом приближении, квантово-механическое уточнение), скачки поглощения, связь между частичным и полным коэффициентами поглощения, тонкая структура краев поглощения, линейный и массовый коэффициенты ослабления, коэффициент ослабления многокомпонентного вещества.

Тема 6. Рассеяние рентгеновского излучения.

Рассеяние на свободных электронах (когерентное рассеяние, теория Томсона, некогерентное рассеяние, теория Комтона, интенсивность излучения, рассеянного на свободных, уравнение Клейна –Нишины –Тамма, электронные коэффициенты рассеяния), когерентное и некогерентное рассеяние атомными электронами, атомные факторы, соотношение интенсивностей когерентного и некогерентного рассеяния, рассеяние массивным образцом, линейный и массовый коэффициенты рассеяния, рассеяние рентгеновского излучения упорядоченными структурами, уравнения Лауэ и Вульфа – Бреггов, резонансное комбинационное (Рамановское) рассеяние.

Тема 7. Преломление и отражение рентгеновского излучения.

Дисперсия рентгеновского излучения, аномальная дисперсия, преломление рентгеновских лучей, полное внешнее отражение для прозрачных и непрозрачных сред, интерференция рентгеновского излучения (слой – подложка, многослойные структуры, поля стоячих волн), практическое использование оптических свойств (расширение возможностей рентгеновской спектроскопии, фокусировка рентгеновского излучения, разрешающая и отражательная способность рентгенооптических элементов).

Тема 8. Тормозное излучение свободных электронов, возникающих в облучаемом материале.

Фотоэлектроны, электроны Оже и электроны отдачи (Комптоновские), их энергия и пространственное распределение, тормозное излучение

рассматриваемых электронов при первичном монохроматическом и неоднородном излучении рентгеновских трубок.

Тема 9. Рентгеновская флуоресценция.

Интенсивность рентгеновской флуоресценции, влияние на нее размеров частиц, зависимость от длины волны первичного излучения, матричные эффекты (поглощение элементами матрицы, избирательное возбуждение и избирательное поглощение, влияние процессов рассеяния), каскадный перенос вакансий, ионизация атомов фото- и Оже электронами, самовозбуждение L – оболочки, эффекты третьего порядка, возмущающее влияние элементов, эффект компенсации, возбуждение флуоресценции неоднородным первичным излучением, монохроматические модели неоднородного излучения, матричные эффекты при неоднородном излучении, особенности возбуждения атомов элементов с малыми атомными номерами.

5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами.

Физика рентгеновского излучения обеспечивает понимание дисциплин «Рентгеноспектральный анализ» и «Рентгеноструктурный анализ». Однако, освоение названных дисциплин программой обучения на физическом факультете не предусмотрено.

5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела. Наименование темы	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Введение (История становления и развития физики рентген. излучения).	1				4	5
2.	Характеристическое рентгеновское излучение	2	6			8	16
3.	Тормозное рентгеновское излучение	2	4			8	14
4.	Источники рентгеновского излучения	2	4			8	14
5.	Поглощение рентгеновского излучения	2	6			12	20
6.	Рассеяние рентгеновского излучения	3	6			12	21
7.	Преломление и отражение рентгеновского излучения	2	4			10	16
8.	Тормозное излучение свободных электронов в облучаемом материале	1	2			8	11

9.	Рентгеновская флуоресценция	3	4			12	21
----	-----------------------------	---	---	--	--	----	----

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1	Классическое и квантовое толкование природы рентгеновского излучения	2	Устный опрос	(ОПК-3) (ПК-1)
2	Тема 2	Энергетическое состояние электронов в атоме. Уровни энергии. Закон Мозли.	2	Устный опрос	(ОПК-3) (ПК-1)
3	Тема 2	Относительная интенсивность линий. Влияние заселенности уровней. Переходы Костера-Кронига. Выход флуоресценции	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
4	Тема 2	Возбуждение рентгеновского излучения потоком электронов. Закон Бете для интенсивности характеристического излучения. Обратное рассеяние электронов. Поглощение излучения в мишени.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
5	Тема 3	Спектральное распределение тормозного излучения тонкой и массивной мишени по Крамерсу. Уточнение распределения Крамерса.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
6	Тема 3	Пространственное распределение тормозного излучения. Его поляризация.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
7	Тема 4	Рентгеновские трубки с заземленным анодом и катодом. Радиоактивные источники. Рентгеновское излучение высокотемпературной плазмы и синхротрона. Рентгеновские лазеры.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
8	Тема 5	Электронный, частичный и атомный коэффициенты поглощения. Классическое и квантовое толкование.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
9	Тема 5	Скачки поглощения. Тонкая структура краев поглощения для металлов, для одноатомных и многоатомных газов.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
10	Тема 5	Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Ослабление рентгеновского излучения многоэлементным образцом	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
11	Тема 6	Когерентное рассеяние на свободных электронах. Формула Томсона. Электронный коэффициент рассеяния. Не когерентное рассеяние. Формула Комптона. Интенсивность некогерентного	2	Устный опрос	(ПК-1,2)

		рассеяния.			
12	Тема 6	Когерентное и не когерентное рассеяние рентгеновского излучения на атомах. Однофакторные модели Томаса-Ферми. Аномальное когерентное рассеяние.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
13	Тема 6	Интенсивность рассеяние рентгеновского излучения массивным образцом. Зависимость от атомного номера рассеивающего материала. Рассеяние упорядоченными структурами. Закон Вульфа-Бреггов. Рамановское рассеяние.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
14	Тема 7	Дисперсия рентгеновского излучения. Теория Лоренца. Аномальное рассеяние. Преломление и полное внешнее отражение рентгеновских лучей. Зависимость отраженной интенсивности от угла падения.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
15	Тема 7	Отражение рентгеновского излучения системой слой-подложка. Интерференция излучения. Максимумы Киссига. Стоячие волны. Рентгеновские зеркала.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
16	Тема 8	Пространственное и энергетическое распределение фотоэлектронов. Свойства Оже электронов. Зависимость энергии электронов отдачи от угла вылета. Тормозное излучение свободных электронов.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
17	Тема 9	Интенсивность рентгеновской флуоресценции «тонкого» и массивного образца. Влияние размера частиц. Зависимость интенсивности от энергии первичных фотонов и от элементного состава образца.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
18	Тема 9	Рентгеновская L-флуоресценция, обусловленная каскадными переходами. Возбуждение флуоресценции свободными электронами. Избирательное возбуждение флуоресценции. Эффект третьего порядка	2	Устный опрос	(ПК-1,2)
19	Тема 9	Избирательное поглощение флуоресцентного рентгеновского излучения. Возмущающее влияние. Монохроматические модели неоднородного первичного излучения. Рентгеновская флуоресценция элементов с малым атомным номером.	2	Устный опрос	(ПК-1,2)

6.1 План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-15	Реферат	Внеаудиторная работа.	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	Из списка основной и дополнительной литературы.	25
1-15	Домашние контрольные работы	Внеаудиторная работа.	Выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение.	Из списка основной и дополнительной литературы.	57

6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.
- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) Овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и другой справочной литературой;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно – методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники, Интернета и др.;

2) Закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекций;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных источников;
- тестирование и др.;

3) Формировать умения:

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
- выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3, ПК-1, ПК-2.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии): не предусматривается

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература:

1. Павлинский Г.В. Основы физики рентгеновского излучения.- М.: Физматлит, 2007, 240 с.

2. Павлинский Г.В. Рентгеновская флуоресценция (монография).- Иркутск. Из-во ИГУ, 2013, 85 с.

б) Дополнительная литература:

1. Корсунский М.И. Физика рентгеновских лучей.- М.-Л.: ОНТИ НКПТб 1936, 302 с.

2. Блохин М.А. Физика рентгеновских лучей.- М.: ГИТТЛ, 1957, 518 с.

3. Боровский И.Б. Физические основы рентгеноспектральных исследований.- М.: МГУ, 1956, 350 с.

4. Зоммерфельд А. Строение атома и спектры /пер. с англ. – М.: ГИТТЛ, 1956.- Т.1, 591 с.; Т.2, 694 с

5. Рид С. Электронно – зондовый микроанализ.- М.: Мир, 1979, 423 с.

6. Блохин М.А., Швейцер И.Г. Рентгеноспектральный справочник.: М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1982, 376 с.

7. Афонин В.П., Комяк Н.И., Николаев В.П., Плотников Р.И. Рентгенофлуоресцентный анализ.- Новосибирск: Наука, 1991, 173 с.

8. Смагунова А.Н., Карпукова О.М. Методы математической статистики в аналитической химии (учебное пособие).- Иркутск, Из-во ИГУ, 2008, 339 с.

9. Als-Nielsen, Mc Morrow Elements of modern X-ray physics.- John Wiley, 2001, 318 p.

в) программное обеспечение: не предусматривается.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы: интернет ресурсы в свободном доступе и на сайте ИГУ www.isu.ru.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лабораторный практикум по физике рентгеновского излучения.

Сетевые и персональные компьютеры.

Учебные пособия.

10. Образовательные технологии:

11. Оценочные средства (ОС):

11.1. Оценочные средства для **входного контроля** (могут быть в виде тестов с закрытыми и открытыми вопросами)

11.2. Оценочные средства **текущего контроля** формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета. Программа

проведения коллоквиума по физике рентгеновского излучения. Тематика контрольных работ.

Программа коллоквиума по физике рентгеновского излучения


1. Систематика спектров характеристического рентгеновского излучения
2. Интенсивность характеристического рентгеновского излучения
3. Интенсивность и пространственное распределение тормозного рентгеновского излучения.
4. Источники рентгеновского излучения.
5. Электронный, частичный и атомный коэффициенты поглощения.
6. Ослабление рентгеновского излучения многоэлементным образцом.

Перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Понятие структуры краев поглощения
2. Рентгеновские излучения высокотемпературной плазмы
3. Соотношение интенсивностей когерентно и не когерентно - рассеянного излучения
4. Резонансное комбинационное рассеяние (Романовское рассеяние)
5. Влияние процессов рассеяния на интенсивность рентгеновской флуоресценции
6. Стоячие волны в рентгеновском диапазоне

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации в форме экзамена
Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

Разработчики:

 д.ф.-м.н., профессор
(подпись)

Г.В. Павлинский

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«_16_» __июня__ 2016 г.

Протокол № 1 Зав. кафедрой



д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.