



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ



Декан физического факультета

/ Н.М. Буднев

апреля 2024г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.09 Физика рентгеновского излучения

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Физика материалов твердотельной электроники и фотоники

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М.Буднев

Рекомендовано кафедрой:

Общей и экспериментальной физики
Протокол № 7 от «26» марта 2024 г.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор
А.А.Гаврилюк

Иркутск 2024 г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	4
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы (в том числе КСР) обучающихся по дисциплине	5
4.3. Содержание учебного материала	6
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	8
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	9
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	10
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ..	10
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	10
6.2. Программное обеспечение:	10
6.3. Технические и электронные средства:.....	11
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	11
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	11

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели:

Дать студентам знания по физике рентгеновского излучения необходимые для освоения студентами теории процессов возникновения рентгеновского излучения и его взаимодействия с веществом, приобретения ими навыков решения практических задач и работы на современной рентгеноспектральной аппаратуре.

Задачи:

Задачи курса:

- освоение теоретических представлений о природе и свойствах рентгеновского излучения и экспериментальных навыков использования рентгеновского излучения.
- развитие у студентов интереса к познанию физических явлений, приобретению навыков самостоятельного изучения фундаментальных основ науки и их приложений.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОПВО

Учебная 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.

Дисциплина базируется на знании следующих дисциплин, изучаемых в период подготовки бакалавров: математический анализ, аналитическая геометрия, общая физика, строение вещества, квантовая механика, атомная и ядерная физика.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности; ОПК-3: Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач; ПК-1: Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин; ПК-2: Способность проводить научные исследования в избранной области физических исследований с помощью современной приборной базы и информационных технологий.	ИДК _{ОПК1.2} Применять базовые знания в области физики для решения прикладных задач профессиональной деятельности	Знать: Природу и свойства рентгеновского излучения, теоретические основы и законы физики рентгеновского излучения, правила безопасной работы с источниками ионизирующих излучений. Уметь: использовать базовые знания в области математики, естественных наук, теоретические основы физики при изучении физики рентгеновского излучения; использовать, современное рентгеноспектральное оборудование. Владеть: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации физики рентгеновского излучения.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов,
 Форма промежуточной аттестации: зачет

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа (в том числе, внеаудиторная СР, КСР)	
					Лекция	Семинар, / практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение	7	5		1			4	
2	T1. Характеристическое рентгеновское излучение	7	16		2	6		8	Устный опрос
3	T2. Тормозное рентгеновское излучение	7	14		2	4	0,2	8	Устный опрос
4	T3. Источники рентгеновского излучения	7	14		2	4	0,2	8	Устный опрос
5	T4. Поглощение рентгеновского излучения	7	20		2	6	0,2	12	Устный опрос

6	T5. Рассеяние рентгеновского излучения	7	21		3	6	0,2	12	Устный опрос
7	T6. Преломление и отражение рентгеновского излучения	7	16		2	4	0,2	10	Устный опрос
8	T7. Тормозное излучение свободных электронов в облучаемом материале	7	11		1	2	0,2	8	Устный опрос
9	T8. Рентгеновская флуоресценция	7	19		3	4	0,2	12	Устный опрос

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы (в том числе КСР) обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час)		
7	Введение	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-я нед	6	Устный опрос	
	T1. Характеристическое рентгеновское излучение		1-2	8		
	T2. Тормозное рентгеновское излучение		3-4	8		
	T3. Источники рентгеновского излучения		5-6	7		
	T4. Поглощение рентгеновского излучения		7-9	8		
	T5. Рассеяние рентгеновского излучения		10-11	8		
	T6. Преломление и отражение рентгеновского излучения		12-13	7		
	T7. Тормозное излучение свободных электронов в облучаемом материале		14-15	7		
	T8. Рентгеновская флуоресценция		16-17	8		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				67		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)				0		

4.3. Содержание учебного материала

Введение. История становления и развития физики рентгеновского излучения.

Открытие и установление природы рентгеновского излучения, дифракция на кристаллах, характеристическая и тормозная составляющие излучения, классификация характеристических спектров, тормозной спектр, рентгеновская флуоресценция. Лауреаты Нобелевской премии за исследования рентгеновского излучения. Современное состояние физики рентгеновского излучения.

Т.1. 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).

Т.2. 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.

Т.3. 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 К-оболочки, внутренняя конверсия, тормозное и характеристическое излучение радиоактивных источников, рентгеновское сопровождение α -распада), синхротронное рентгеновское излучение, высокотемпературная плазма как источник рентгеновского излучения, рентгеновские лазеры.

Т.4. 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.

Т.5. 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.

Т.6. 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).

Т.7. 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.

Т.8. 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.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	T1	ПЗ1 Решение задач по T1.	6		Устный опрос	ОПК-3, ПК-1
2	T2	ПЗ2 Решение задач по T2.	4		Устный опрос Тест 1	ПК-1,2
3	T3	ПЗ3 Решение задач по T3.	2		Устный опрос	ПК-1,2
4	T3	Лабораторная работа «Расшифровка рентгеновского спектра»	2		Устный опрос	ПК-1,2
5	T4	ПЗ4 Решение задач по T4.	4		Устный опрос Тест 2	ПК-1,2
6	T4	Лабораторная работа "Расчет массовых коэффициентов ослабления"	2		Устный опрос	ПК-1,2
7	T5	ПЗ5 Решение задач по T5.	6		Устный опрос	ПК-1,2
8	T6	ПЗ6 Решение задач по T6.	4		Устный опрос	ПК-1,2
9	T7	ПЗ7 Решение задач по T7.	2		Устный опрос	ПК-1,2
10	T8	ПЗ8 Решение задач по T8.	4		Устный опрос	ПК-1,2

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Введение	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.	ОПК-1, ОПК-3, ПК-1	ИДК ₀ ПК1.2
2	T1. Характеристическое рентгеновское излучение	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
3	T2. Тормозное рентгеновское излучение	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
4	T3. Источники рентгеновского излучения	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
5	T4. Поглощение рентгеновского излучения	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
6	T5. Рассеяние рентгеновского излучения	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
7	T6. Преломление и отражение рентгеновского излучения	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
	T7. Тормозное излучение свободных электронов в облучаемом материале	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
	T8. Рентгеновская флуоресценция	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя, в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируется компетенция ОПК-1.

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы по темам дисциплины:
T1. Характеристическое рентгеновское излучение. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T2. Тормозное рентгеновское излучение. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T3. Источники рентгеновского излучения. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T4. Поглощение рентгеновского излучения. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T5. Рассеяние рентгеновского излучения. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T6. Преломление и отражение рентгеновского излучения. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T7. Тормозное излучение свободных электронов в облучаемом материале. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

T8. Рентгеновская флуоресценция. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

Контроль самостоятельной работы проводится на практических занятиях и на КСР по окончании тем.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает доступ к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины (модуля).

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей).

а) перечень литературы

1. Павлинский Г.В. Основы физики рентгеновского излучения.- М.: Физматлит, 2007, 240 с.
2. Павлинский Г.В. Рентгеновская флуоресценция (монография).- Иркутск. Изво ИГУ, 2013, 85 с.
3. Блохин М.А., Швейцер И.Г. Рентгеноспектральный справочник.: М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1982, 376 с.

б) периодические издания

в) список авторских методических разработок

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ИГУ http://library.isu.ru/ru/resources/edu_resources/index.html
2. БД книг и продолжающихся изданий http://elibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT
3. Электронный читальный зал «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>
4. Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>
5. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» <http://rucont.ru>

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Кабинет рентгеновской физики, аудитория 215, рентгеновский спектрометр РПД-3.

6.2. Программное обеспечение:

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 неименных лицензий PerSeat (10лиц.) EDU. Код позиции: AT30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.
2. MicrosoftOfficeProPlus 2013 RUSOLPNLAcдmc.Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.
3. WinPro10 RusUpgrdOLPNLAcдmc.Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно.
4. KasperskyFree (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/> . Бессрочно.

6.3. Технические и электронные средства:

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях используются компьютерные презентации. Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль реализуется в виде текущего контроля на ПЗ1-ПЗ8 и лабораторных работах. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенций ОПК-1.

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

Усвоение студентом бакалавром изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Максимальное количество баллов за текущую работу в семестре ограничивается 60-ю баллами, на оценку экзамена максимально предусмотрено 30 баллов. Возможны «премиальные» баллы (от 0 до 10), которые могут быть добавлены бакалавру за активные формы работы, высокое качество выполненных практических работ и т.д.

За посещение одного вида занятия дается 0.53 балла (34 занятий (Л+Пз) * 0.53 балл = 18 балла), максимальное количество баллов за письменный контроль на Пз – 2.47 балла (17 занятий ПЗ*2.47 балл = 42 баллов).

Параметры оценочного средства для текущего контроля на ПЗ1-ПЗ8.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 3.2 балла.	Хорошо 2.5 балла	Удовлетворительно 1 балла.	Неудовлетворит. 0 баллов
Выполнение заданий	Выполнены полностью и корректно	Выполнены полностью, допущены 1 – 2 ошибки	Выполнены не полностью, допущены 1 – 2 ошибки	Не выполнены или выполнены не полностью и допущены более 3 ошибок

Вопросы для текущего контроля приведены ниже:

- T.1 Энергия рентгеновских уровней атома. Закон Мозли. Дублеты в рентгеновском излучении. Выход рентгеновской флуоресценции.
- T.2 Тормозное рентгеновское излучение, уравнение Крамерса. Пространственное распределение тормозного излучения.
- T.3 Рентгеновские излучения высокотемпературной плазмы.
- T.4 Скачки поглощения. Электронный, частичный и атомный коэффициенты поглощения. Связь между частичным и полным коэффициентами поглощения. Линейный и массовый коэффициенты ослабления.
- T. 5 Рассеяние на свободных электронах. Когерентное и некогерентное рассеяние, теория Комптона. Линейный и массовый коэффициенты рассеяния. Рассеяние рентгеновского излучения упорядоченными структурами. Резонансное

- комбинационное (Рамановское) рассеяние.
- Т. 6 Преломление и отражение рентгеновского излучения. Полное внешнее отражение. Фокусировка рентгеновского излучения.
- Т. 7 Стоячие волны в рентгеновском диапазоне.
- Т. 8 Матричные эффекты. Влияние процессов рассеяния на интенсивность рентгеновской флуоресценции. Избирательное возбуждение.

Тест 1.

- Х-лучи открыл Вильгельм Конрад Рентген в
 - 1) 1885 г.
 - 2) 1891 г.
 - 3) 1895 г.
 - 4) 1899 г.
- Рентгеновское излучение находится на шкале ЭМ волн между
 - 1) радиоволнами и инфракрасным излучением
 - 2) инфракрасным и световым излучениями
 - 3) световым и ультрафиолетовым излучениями
 - 4) световым и гамма излучениями
- Под энергией k -уровня понимается
 - 1) энергия атома с удаленным валентным электроном
 - 2) энергия атома с удаленным электроном из k -оболочки
 - 3) энергия электрона в k -оболочке
- Электронные оболочки образуют электроны с одинаковым значением
 - 1) n
 - 2) l
 - 3) m_l
 - 4) m_s
- Электронные подоболочки образуют электроны с одинаковым значением
 - 1) n
 - 2) l
 - 3) m_l
 - 4) m_s
- Правила отбора наиболее вероятных переходов
 - 1) $|\Delta l| = 0; |\Delta J| = 0, 1$ и $\Delta n \neq 0$
 - 2) $|\Delta l| = 1; |\Delta J| = 0, 1$ и $\Delta n \neq 0$
 - 3) $|\Delta l| = 0, 2; |\Delta J| = 0, 1, 2$ и $\Delta n \neq 0$
 - 4) $|\Delta l| = 1; |\Delta J| = 1$ и $\Delta n \neq 0$
- Вероятности радиационного и безрадиационных переходов для L_1 -подуровня описывает соотношение:
 - 1) $\omega_{L_3} + a_{L_3} = 1$
 - 2) $\omega_{L_2} + a_{L_2} + f_{2,3} = 1$
 - 3) $\omega_{L_1} + a_{L_1} + f_{1,2} + f_{1,3} = 1$
- Закон Мозли выражает формула
 - 1) $E = h\nu = hc/\lambda$
 - 2) $\nu = R(Z - \sigma)^2 \left(\frac{1}{n_1^2} + \frac{1}{n_2^2} \right)$
 - 3) $\sqrt{E} = \text{const}(Z - \sigma)$
- Распределение электронов $s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ описывает их состояния в атоме
 - 1) Ne
 - 2) Cl
 - 3) Ar
 - 4) Ca
 - 5) Kr
- Под интенсивностью излучения понимается полный поток
 - 1) фотонов приходящихся в единицу времени на единицу площади, нормальной к направлению пучка
 - 2) фотонов, приходящихся на единичный интервал энергии или длины волны спектра
 - 3) энергии излучения, проходящей за единицу времени через единичную площадку в направлении нормали к ней и рассчитанный на единицу телесного угла

Тест 2.

- Выходом флуоресценции называют:
 - 1) Вероятность испускания рентгеновского фотона атомом при переходе из ионизированного состояния в основное.
 - 2) Отношение числа ионизаций с испусканием рентгеновских фотонов к общему числу ионизаций в оболочке.
 - 3) Вероятность испускания оже-электронов.

4) Вероятность перераспределения вакансий между подболочками атома.

2. Формула

$$\omega_{L_1} + a_{L_1} + f_{1,2} + f_{1,3} = 1$$

Описывает вероятность переходов для:

1) L_{II} -подуровня 2) Для L_{II} -подуровня 3) Для L_I -подуровня.

3. Поперечное сечение ионизации имеет размерность:

1) барн 2) см^2 3) $\text{см}^2 \text{кэВ}^2$.

4. Закон торможения электронов - это

1) зависимость числа ионизаций от пути торможения электрона

2) зависимость энергии электрона от пройденного им пути

5. Обратно рассеянные электроны – это:

1) электроны, отраженные в направлении противоположном движению первичного пучка

2) электроны, движущиеся в различных от начального направлениях

3) электроны, которые покидают образец и не участвуют в ионизации его атомов

6. Формула Крамерса для спектральной интенсивности тормозного излучения – это формула:

$$1) I_E = CZ(E_0 - E), \quad 2) I_\lambda = k_\lambda Z \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right) \frac{1}{\lambda^2}, \quad 3) N_\lambda = \frac{k_\lambda}{hc} Z \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right) \frac{1}{\lambda}.$$

7. Длина волны, соответствующая максимуму функции интенсивности непрерывного спектра равна:

1) $\lambda_{\max} = 1,3\lambda_0$ 2) $\lambda_{\max} = 1,5\lambda_0$ 3) $\lambda_{\max} = 2\lambda_0$ 4) $\lambda_{\max} = 2,5\lambda_0$

8. Ослабление рентгеновского излучения в веществе происходит из-за его:

1) поглощения 2) рассеяния 3) дифракции 4) поглощения и рассеяния.

9. Электронный коэффициент истинного поглощения – это:

1) вероятность поглощения потока рентгеновского излучения сечением 1 см^2 одним электроном атома, расположенного в пределах этого сечения.

2) поперечное сечение, в пределах которого рентгеновское излучение обязательно поглотится атомом

3) поперечное сечение взаимодействия рентгеновского излучения с электроном атома.

10. Как обозначают линейный коэффициент ослабления рентгеновского излучения?

1) σ_a 2) τ_a 3) μ_l 4) μ_m

Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета)

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенций ОПК-1 и проводится в форме зачета. Форма проведения зачета – устный по билетам или письменный по билетам.

Билет состоит из одного теоретического и одного практического вопроса. Задания (билеты) для приема зачета с оценкой выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе зачета.

Студент бакалавр допускается к зачету в том случае, если в течение семестра за текущую работу набрано 40 баллов и более. В противном случае выставляется 0 сессионных баллов. Во время зачета студент бакалавр может набрать до 30 баллов. Если на зачете ответ студента оценивается менее чем 10-ю баллами, то зачет считается не сданным, студенту бакалавру выставляется 0 баллов, а в ведомость выставляется оценка «не зачтено».

Если на зачете студент набирает 10 и более баллов, то они прибавляются к сумме баллов за текущую работу, зачет фиксируется в ведомости и зачетной книжке студентов.

Преподаватель имеет право фиксировать зачет, если сумма баллов, набранная студентом за текущую работу составит 70 баллов.

Примерный перечень вопросов и заданий к зачету

1. Энергия рентгеновских уровней атома
2. Систематика характеристических линий
3. Закон Мозли
4. Дублеты в рентгеновском излучении
5. Тонкая структура рентгеновских уровней
6. Интенсивность линий характеристического спектра
7. Переходы Костера – Кронига
8. Выход рентгеновской флуоресценции
9. Тормозное рентгеновское излучение, уравнение Крамерса
10. Пространственное распределение тормозного излучения
11. Поглощение рентгеновского излучения, скачки поглощения
12. Электронный, частичный и атомный коэффициенты поглощения
13. Связь между частичным и полным коэффициентами поглощения
14. Линейный и массовый коэффициенты ослабления
15. Тонкая структура краев поглощения
16. Рассеяние рентгеновского излучения
17. Рассеяние на свободных электронах
18. Когерентное рассеяние
19. Некогерентное рассеяние, теория Комптона
20. Соотношение интенсивностей когерентного и некогерентного рассеяния
21. Линейный и массовый коэффициенты рассеяния
22. Рассеяние рентгеновского излучения упорядоченными структурами.
23. Резонансное комбинационное (Рамановское) рассеяние
24. Преломление и отражение рентгеновского излучения
25. Полное внешнее отражение
26. Фокусировка рентгеновского излучения
27. Рентгеновская флуоресценция
28. Матричные эффекты
29. Избирательное возбуждение

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Разработчик:



д.т.н., профессор В.Я. Борходоев

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

Протокол № 7 от 26. 03.2024 г.

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

Настоящая программа не может быть воспроизведена в любой без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.