

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа базовой инженерной подготовки
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение школы (НОЦ) общей физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<u>Тема работы</u>
Тонкие особенности, сопровождающие явления каналирования тяжелых частиц.

УДК 539.2:539.12

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Ли сятун		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коротченко Константин Борисович	д.ф.-м.н.,		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Н. В	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой общей физики	Лидер Андрей Маркович	Д.Т.Н		

Томск - 2018 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P1	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиций и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОС3+ (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4)
P2	К самоорганизации и самообразованию, работать в коллективе, к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке, толерантно воспринимать социальные, этические и культурные различия, использовать методы и средства физической культуры, приёмы первой помощи и методы защиты в условиях ЧС.	Требования ФГОС3+ (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
P3	Использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, современные концепции и ограничения естественных наук, использовать фундаментальные знания разделов общей и теоретической физики, математики для создания моделей и решения типовых профессиональных задач, в том числе с использованием знаний профессионального иностранного языка.	Требования ФГОС3+ (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
P4	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОС3+ (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)
P5	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности.	Требования ФГОС3+ (ОПК-8, ОПК-9)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P6	<u>Научно-исследовательская деятельность</u>	Требования ФГОС3+ 2

	Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.	(ПК-1, ПК-2)
Р7	<u>Научно-инновационная деятельность</u> Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.	Требования ФГОС3+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
Р8	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОС3+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
Р9	<u>Педагогически-просветительская</u> Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	Требования ФГОС3+ (ПК-9)

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа базовой инженерной подготовки
 Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
 Отделение школы (НОЦ) общей физики

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Лидер А.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
150Б42	Ли сятун

Тема работы:

Тонкие особенности, сопровождающие явления каналирования тяжелых частиц.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, цитлический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: особенности каналирования тяжелых заряженных частиц</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор литературы; Исследование особенностей каналирования тяжелых заряженных частиц ; Раздел «Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; Раздел «Социальная ответственность».</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Доцент Черепанова Н. В к.ф.н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент Ларионова Е.В. к.х.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коротченко Константин	д.ф.-м.н,		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б42	Ли Сятун		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
150Б42		Ли Сятун	
Институт	Физико-технический	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Знакомство с системой налогообложения, со ставками налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица 8ЖОТ
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
150Б42	Ли Сятун

Институт	Физико-технический	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> — вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) — чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Данная научно-исследовательская работа выполнялась в помещении кафедры общей физики третьего корпуса Томского Политехнического университета в кабинете 126. Техническим средством является ПЭВМ</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ul style="list-style-type: none"> - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организация работы; - СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение - ГОСТ 12.1.009 - 2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения - ГОСТ 12.1.030 - 81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. - ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения прикосновения и токов. - СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> — физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; — действие фактора на организм человека; 	<p>1. Характеристика факторов изучаемой производственной среды, описывающих процесс взаимодействия человека с окружающей производственной средой:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Микроклимат; — Уровень электромагнитного излучения;
--	--

<ul style="list-style-type: none"> - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем - индивидуальные защитные средства) 	<p style="text-align: center;">- Недостаточная освещённость.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электробезопасность; - Опасность возникновения пожара;
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>3. Деятельность данной научной работы не связана с производством, следовательно, влияние на окружающую среду минимально.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях: Возможными ЧС в офисном помещении являются сильные морозы, диверсия, а также возникновение пожара Приведены способы защиты от переморозива и пожара.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>5. Перечислена вся использованная литература</p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>1. План эвакуации из лаборатории</p>
<p><u>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</u></p>	

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение общей физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2017	Обзор литературных источников и изучение пакета Mathematica	15
01.09.2017	Самосогласованный расчет величины критического угла каналирования для мюона высокой энергии	15
30.12.2017	Сравнение результатов, рассчитанных в моделях Пешля-Теллера и Дойли-Тернера	20
30.04.2018	Анализ результатов	15
25.05.2018	Социальная ответственность	15
25.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2018	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коротченко Константин Борисович	д.ф.-м.н,		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 с., 8 рисунка, 17 таблицы, 18 литературных источника.

Ключевые слова: Каналирование, модели Пешля-Теллера и Дойли-Тернера, мюон.

Объектом данного исследования - каналированные тяжелые заряженные частицы мюоны в кристалле Si (220).

целью данной работы является исследования особенностей каналирования тяжелых заряженных частиц в кристалле Si (200) в рамках квантовой механики.

В рамках квантовой механики были исследованы особенности каналирования тяжелых заряженных частиц в кристалле (220) Si. Расчеты проведены для мюона, так как результаты, полученные для частицы с массой покоя мюона m_μ и релятивистским фактором γ справедливы для любой другой частицы с элементарным зарядом и массой покоя m и релятивистским фактором $\gamma_m = \gamma (m_\mu / m)$. Показано, что число квантовых состояний мюона, полученных в разных модельных потенциалах, находится в хорошем согласии. Относительная погрешность расчетов поперечной энергии мюона не превышает 10%. В то время как относительная погрешность расчетов энергий излученных фотонов и матричных элементов находятся в хорошем согласии только для мюона, находящегося на низших энергетических уровнях. Такое поведение этих величин связано с тем, что на верхних энергетических уровнях их зонная структура играет существенную роль. Также показано, что с ростом массы

каналированной частицы, формула Линхарда для критического угла каналирования сильно занижает его величину. Предложен метод расчета этого угла в рамках квантовой механики.

Результаты, полученные в работе, могут быть полезны при подготовке и проведении экспериментальных исследований различных явлений, сопровождающих каналирование частиц.

Содержание

Введение.....	16
1 Эффект каналирования в рамках квантовой механики.....	20
2. Величина критического угла каналирования для мюона высокой энергии ...	24
3. Сравнение результатов, рассчитанных в моделях Пешля-Теллера и Дойли-Тернера, для плоскостного каналирования мюона в кристалле кремния	26
3.1 Сравнение количества энергетических зон	26
3.2 Расчет относительной погрешности энергетического спектра.....	30
3.3 Расчет относительной погрешности интенсивности излучения.....	32
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	33
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	33
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	34
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	34
4.1.3 Технология QuaD	37
4.1.4 SWOT-анализ.....	39
4.2 Планирование научно-исследовательской работы	43
4.2.1 Планирование этапов работ	43
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения НИОКР	45

4.2.3	Техническая готовность темы.....	46
4.2.4	Построение графика работ	46
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	50
4.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	50
4.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	52
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	53
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды	55
4.3.5	Накладные расходы.....	56
4.3.6	Формирование бюджет затрат НТИ	57
5.	Социальная ответственность	58
5.1	Производная безопасность в компьютерном помещении среды.....	58
5.2	Анализ вредных производных факторов окружающей работающей среды	61
5.2.1	Микроклимат	61
5.2.2	Уровень электромагнитного излучения.....	62
5.2.3	Недостаточная освещённость	64
5.3	Анализ опасных производных факторов окружающей работающей среды	66
5.3.1	Электробезопасность	66
5.3.2	Опасность возникновения пожара.....	68

5.4 Рекомендации по минимизации влияния	69
5.4.1 Рекомендации по улучшению микроклимата	69
5.4.2 Рекомендации по минимизации влияния электромагнитных излучений	70
5.4.3 Рекомендации по минимизации влияния освещения	70
5.4.4 Рекомендации по защите от электрического тока	70
5.4.5 Меры по обеспечению пожарной безопасности	71
5.5 Экологическая безопасность	72
5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	73
Заключение	75
Список литературы	77

Введение

Каналирование (Channeling) – это уникальный эффект, возникающий при прохождении заряженной релятивистской частицы через кристалл за счет взаимодействия с периодическим потенциалом плоскостей (или осей) кристалла. Соответственно различают два вида каналирования: плоскостное (вдоль плоскостей) и осевое (вдоль осей). В 70-х годах эффект каналирования релятивистских заряженных частиц был открыт при компьютерном моделировании прохождения ионов через кристалл [1-5].

При плоскостном каналировании электрон движется в электростатическом поле, созданном ионами плоскостей кристалла. Поэтому у электрона возникает колебательное движение относительно плоскости. Позитрон, имеет положительный заряд, поэтому при каналировании он совершает колебательное движение между плоскостями. При осевом каналировании колебательное движение заряженных частиц представляет собой вращательное движение, которое в плоскости, перпендикулярной оси каналирования, имеет форму «розетки».

В настоящее время, компьютерное моделирование процессов каналирования частиц активно используется, например, для расчетов самого процесса прохождения частиц в кристаллах. Такие расчеты важны не только для теоретических исследований, но и позволяют наиболее эффективно планировать экспериментальные исследования. Примером таких исследований

может служить моделирование каналирования релятивистских электронов и позитронов в изогнутых кристаллах.

Открытие излучения при каналировании (Channeling Radiation – CR) показало, что каналирование является уникальным явлением, позволяющим изучать электродинамические процессы в сильных внешних полях.

Это открытие и последующие экспериментальные исследования излучений, возникающих при каналировании заряженных частиц, стимулировало теоретические исследования в этой области.

Актуальность исследований процессов каналирования в настоящее время подтверждается прежде всего тем, что в мире ежегодно проходят международные конференции, на которых активно представлены научные исследования в этой области: международная конференция по «Физике Взаимодействия Заряженных Частиц с Кристаллами» (ФВЗЧК), международный симпозиум “Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures” (RREPS), международная конференция “Charged and Neutral Particles Channeling Phenomena” (Channeling), международная конференция “International Conference on Photonic, Electronic, and Atomic Collisions” (ICPEAC), международная конференция “The International Conference on Atomic Collisions in Solids” (ICACS).

В настоящее время активному развитию компьютерного моделирования процессов каналирования способствуют новые программные пакеты, использующие методы символьно-численной математики. Наиболее

эффективным из них является Mathematica[®]. Новый пакет символьно-численных расчетов – Mathematica[®]11.0 является мощным инструментом, стимулирующим развитие математических моделей для очень широкого круга прикладных задач, которые в рамках стандартных программных пакетов были практически недоступны.

Эффекты, возникающие при каналировании электронов, в настоящее время исследованы очень подробно, поэтому в данной работе объектом исследования являются мюоны. Мюон – крайне малоизученная элементарная частица. Все известные физические свойства мюона полностью совпадают со свойствами электрона и только масса в 206 раз больше. Поэтому мюон часто называют «тяжелым» электроном. В частности, именно поэтому, в настоящее время активно развиваются исследования по созданию эффективных источников мюонов. Исследования особенностей каналирования этих частиц могут быть частью этой задачи.

В этой связи, целью данной работы является исследования особенностей каналирования тяжелых заряженных частиц в кристалле Si (200) в рамках квантовой механики. Для чего, проведен квантово-механический расчет параметров поперечного движения мюона в кристалле кремния при его плоскостном (220) каналировании в моделях Пешля-Теллера и Дойли-Гернера для кристалла кремния и сравнение численных значений этих параметров для оценки применимости модельного потенциала Пешля-Теллера в задачах как самого каналирования мюона, так и его излучения.

Для решения поставленной цели были решены следующие задачи:

В рамках квантовой механики для двух модельных потенциалов – РТ и ДТ рассчитана γ -зависимость:

1) относительных погрешностей собственных значений поперечной энергии мюона;

2) числа квантовых состояний мюона;

3) матричных элементов переходов $i \rightarrow f$.

Формула Линхарда сильно занижает величину критического угла каналирования θ_C для тяжелых частиц высокой энергии, поэтому необходимо было:

4) разработать метод расчета угла θ_C в рамках квантовой механики;

5) рассчитать γ -зависимость критического угла каналирования для мюона в модели Дойли-Тернера.

Научная новизна результатов

В рамках квантовой механики были исследованы особенности каналирования тяжелых заряженных частиц в кристалле Si (220). Большинство расчетов проведено для мюона, так как результаты, полученные для частицы с массой покоя мюона m_μ и релятивистским фактором γ справедливы для любой другой частицы с элементарным зарядом и массой покоя m и релятивистским фактором $\gamma_m = \gamma (m_\mu / m)$. Показано, что число квантовых состояний мюона, полученных в разных модельных потенциалах, находится в хорошем согласии. Относительная погрешность расчетов поперечной энергии мюона не превышает 10%. В то время как относительная погрешность расчетов энергий излученных

фотонов и матричных элементов находятся в хорошем согласии только для мюона, находящегося на низших энергетических уровнях. Такое поведение этих величин связано с тем, что на верхних энергетических уровнях их зонная структура играет существенную роль. Также показано, что с ростом массы каналированной частицы, формула Линхарда для критического угла каналирования сильно занижает его величину. Предложен метод расчета этого угла в рамках квантовой механики.

Результаты, полученные в работе, могут быть полезны при подготовке и проведении экспериментальных исследований различных явлений, сопровождающих каналирование частиц.

1 Эффект каналирования в рамках квантовой механики

Первые основополагающие теоретические результаты по теории каналирования получены Линхардом [6]. По его теории кристаллографические плоскости (так же как и оси) кристалла рассматриваются как непрерывные равномерно заряженные плоскости (прямые – для осей) и описываются непрерывным потенциалом $U(x)$. Тогда, если угол θ_0 между направлением скорости заряженных частиц, влетающих в кристалл, и плоскостями (осями) кристалла меньше некоторого критического угла θ_C каналирования, то частицы движутся вдоль плоскостей (осей) кристалла колебательно. При $\theta_0 > \theta_C$, частицы взаимодействуют с кристаллом как с аморфным материалом.

На рис.1 показана схема плоскостного каналирования для электронов и

позитронов.

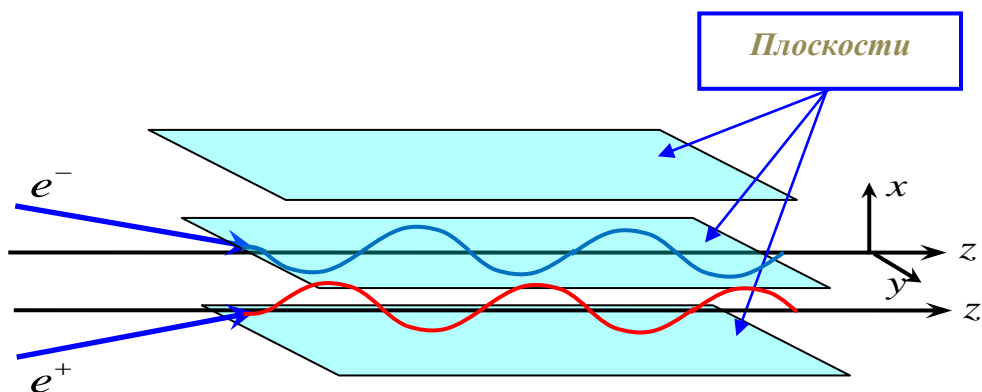


Рис.1. Схема плоскостного каналирования для электронов и позитронов.

Линдхард показал, что критический угол θ_C каналирования для электрона, движущегося в поле усредненного потенциала $U(x)$, можно рассчитать по формуле

$$\theta_C = \sqrt{\frac{2U_0}{E}}, \quad (1)$$

где U_0 – глубина ямы усредненного потенциала $U(x)$, E -полная энергия электрона. При этом должно выполняться соотношение

$$E \gg U_0, \quad (2)$$

которое является важным физическим условием каналирования.

Это означает, что задачи каналирования имеют смысл только для релятивистских частиц. То есть в общем случае, основным уравнением, описывающим состояния каналированных частиц, должно являться уравнение релятивистской квантовой механики – уравнение Дирака. Однако, в условиях

каналирования – формула (2) – можно считать, что вдоль плоскостей (или осей) каналирования частица движется как свободная, а энергия ее поперечных колебаний (перпендикулярно плоскостям или осям каналирования) очень мала по сравнению с энергией каналируемой частицы. Тогда, для поперечных движений уравнение Дирака примет вид (см., например, [7-9])

$$H\phi_n(x) = \left(\frac{\hat{p}_n^2}{2m_\mu\gamma} + U(x) \right) \phi_n(x) = E_n\phi_n(x), \quad (3)$$

где γ - релятивистский фактор, n – целое число, нумерующее различные квантовые состояния частицы.

Это уравнение называют уравнением Шредингера с релятивистской массой $m\gamma$, где γ – релятивистский фактор.

Модифицированным потенциалом Пешля-Теллера называют потенциальную функцию $U(x)$

$$U(x) = -\frac{U_0}{\cosh^2 \alpha x}, \quad (4)$$

где U_0 – глубина потенциальной ямы, α - параметр, определяющий ширину потенциальной ямы.

Наличие этих двух параметров позволяет с хорошей точностью моделировать усредненные потенциалы многих кристаллов – как для их плоскостей, так и осей. Именно этим определяется его важность для задач каналирования.

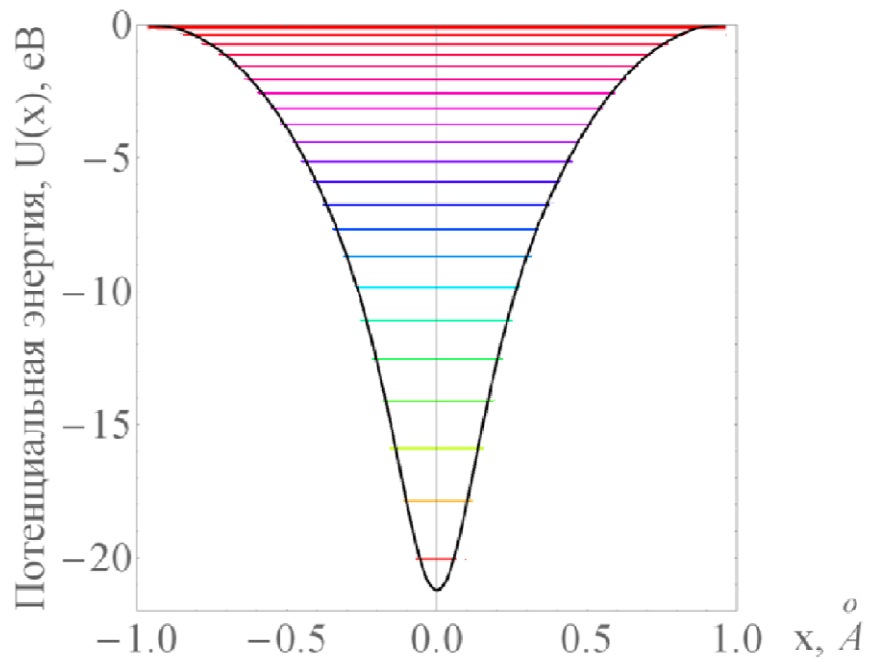


Рис.2. Потенциальная функция Пешля-Теллера и схема энергетических уровней поперечной энергии для плоскости, моделирующей (220) Si каналированного мюона при $\gamma = 5$.

На рис.2 показан вид потенциальной функции Пешля-Теллера для плоскости, моделирующей (110) каналирование в кристалле Si.

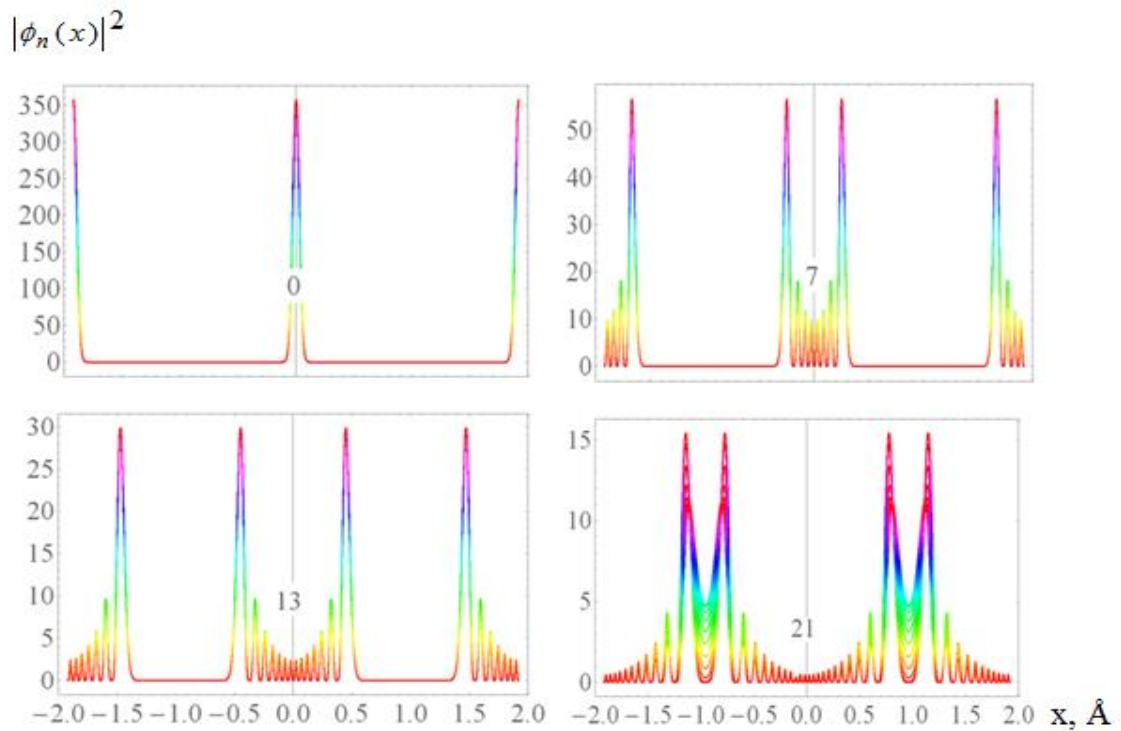


Рис.3. Квадрат модуля волновых функций (плотность вероятности) для мюона при $\gamma = 5$

2. Величина критического угла каналирования для мюона высокой энергии

Формула Линхарда сильно занижает величину критического угла каналирования θ_C для тяжелых частиц высокой энергии, поэтому необходимо разработать метод расчета угла θ_C в рамках квантовой механики, а так же рассчитать γ -зависимость критического угла каналирования для мюона в модели Дойли-Тернера. Для этого запишем формулу Линхарда (1) в виде

$$\theta_C = k_0 \sqrt{\frac{2U_o}{E}} \quad (5)$$

где k_0 – множитель, зависящий как от типа кристалла, так и от релятивистского фактора.

Критический угол каналирования θ_C в рамках квантовой теории можно рассчитать, если известна вероятность захвата заряженной частицы в i -е квантовое состояние поперечного движения

$$P_i(\theta) = \frac{1}{d} \left| \int_{-d/2}^{d/2} e^{ip\theta x/\hbar} \phi_i(x) dx \right|^2, \quad (6)$$

где d – межплоскостное расстояние, θ – угол между вектором импульса релятивистской частицы и плоскостью каналирования. Величину $P_i(\theta)$ называют заселенностью i -го энергетического уровня поперечного движения.

Тогда, зная конкретные условия каналирования (т.е. функцию $\phi_i(x)$ каналированной частицы), нужно найти такой угол θ при котором суммарная

заселенность всех энергетических уровней $\sum_i P_i(\theta)$ станет пренебрежимо малой (например, менее 1%).

На рис.4 показана γ -зависимость множителя k_0 , рассчитанная для случая (220) каналирования мюона в кристаллах двух типов: кремния Si и алмаза C.

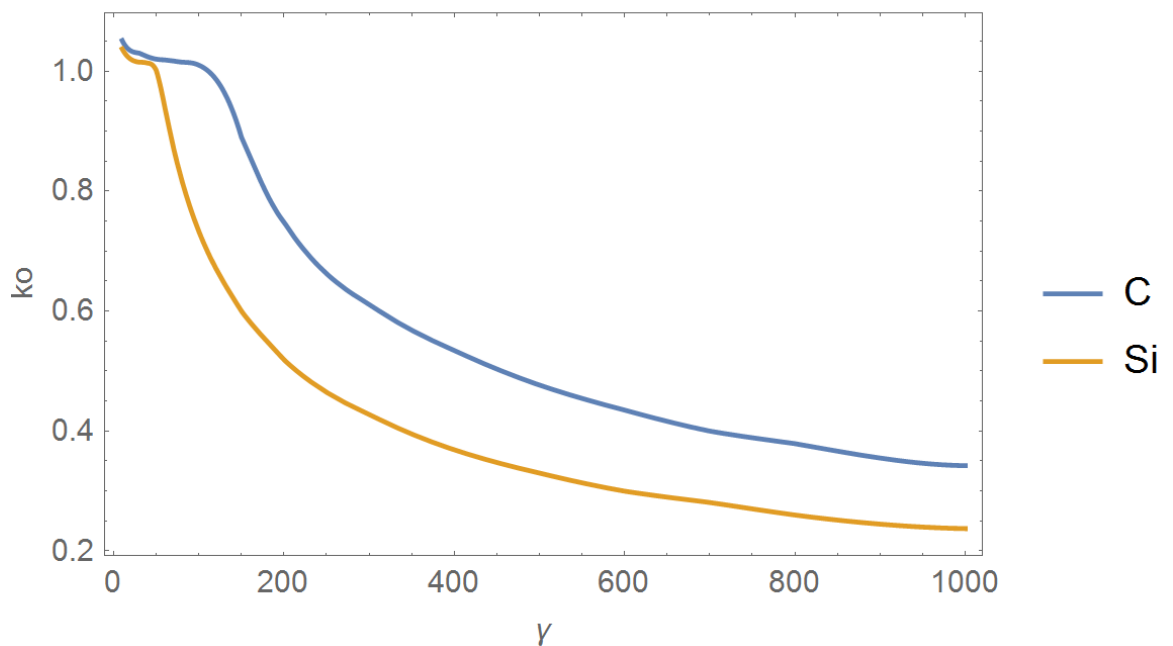


Рис.4. γ -зависимость критического угла каналирования для мюона в модели Дойли-Тернера для C и Si.

Из рис.4 видно, что для релятивистского фактора γ при (220) каналировании мюона, не превышающего значение ~ 60 (для кристалла кремния Si и значение ~ 180 – для алмаза C), формула Линхарда (1) дает удовлетворительную оценку угла θ_C . Для более высоких значений γ эта формула **неприменима**.

3. Сравнение результатов, рассчитанных в моделях Пешля-Теллера и Дойли-Тернера, для плоскостного каналирования мюона в кристалле кремния

3.1 Сравнение количества энергетических зон

Кристалл обладает периодической структурой, поэтому для описания каналирования заряженных частиц вводят усредненный потенциал – например, модифицированный потенциал Пешля-Теллера.

Модифицированным потенциалом Пешля-Теллера называют потенциальную функцию $U(x)$, описываемую формулой (3).

Для того, чтобы результаты расчетов в модели Пешля-Теллера были достаточно надежны, необходимо подобрать параметры U_0 и α потенциала (4) так, чтобы периодический потенциал, построенный из модельного потенциала Пешля-Теллера незначительно отличался от периодического потенциала в модели Дойли-Тернера. Расчеты показали, что для плоскостей (220) Si эти параметры должны иметь следующие значения: $U_0 = 21.5$ эВ, $\alpha = 3.5$ 1/Å .

Уравнение Шредингера с потенциалом Пешля-Теллера решено различными авторами и получены соответствующие энергии и волновые функции. Например, согласно недавним работам [10-12]:

$$E_n = -\frac{\eta^2 \alpha^2}{2m} (q-n)^2 = -\frac{U_0}{q(q+1)} (q-n)^2, \quad (7)$$

где

$$q(q+1) = \frac{2mU_0}{\eta^2 \alpha^2} \quad (8)$$

и U_0 – глубина потенциальной ямы Пешля-Теллера. Заменяя в этих формулах массу m частицы на ее релятивистскую массу $m\gamma$, несложно рассчитать зависимость величины энергии E_n от релятивистского фактора.

Для потенциала, рассчитанного в модели Дойли-Тернера – «реального» потенциала [13] – эта же задача была решена методами символьной математики – в пакете Mathematica[©].

При решении уравнения (3) с «реальным» (т.е. рассчитанным по экспериментально измеренным значениям форм-фактора) потенциалом $U(x)$ системы кристаллографических плоскостей (220) Si учитывалось, что этот потенциал является периодической функцией:

$$U(x) = U(x+d), \quad \phi_n(x) = \phi_n(x+d). \quad (9)$$

Тогда, в силу периодичности потенциальной функции (9) $U(x)$, по теореме Блоха, волновые функции поперечного движения каналированной частицы – решения уравнения Шредингера с периодическим потенциалом – должны иметь вид блоховской функции [14]:

$$\phi_n(x, k_x) = \sum_l C_n(g_l, x) \exp(i(g_l + k_x)x). \quad (10)$$

Далее, следуя известной схеме [14], из уравнения (3) получаем:

$$\sum_m A_{ml} C_n(g_m, k_x) = E_n(k_x) C_n(g_m, k_x), \quad (11)$$

где обозначено [15-16]

$$A_{ml} = U(g_m - g_l) + \delta(g_m, g_l) \left[\frac{\eta^2 (g_l + k_x)^2}{2m_\mu \gamma} \right]. \quad (12)$$

Таким образом, задача поиска собственных значений и собственных функций каналированной частицы, сводится к решению алгебраической системы уравнений (11).

Система уравнений (11) была решена с помощью встроенной подпрограммы пакета Mathematica[®] – Eigensystem [17].

Описанный метод позволяет решить следующую интересную проблему: найти зависимость количества связанных квантовых состояний поперечного движения мюона, каналированного вдоль плоскостей (220) кристалла кремния, от его релятивистского фактора.

Для этого нужно провести расчеты для большого диапазона энергий мюона, т.е. значений релятивистского фактора мюона. Мы решили эту проблему для мюона с релятивистским фактором γ в диапазоне 5 – 100. Результаты расчетов для мюона, каналированного вдоль плоскостей (220) кристалла кремния, представлены на рис.1 – метод 1.

Для сравнения, эту же зависимость мы рассчитали для модельного потенциала Пешля-Теллера по формулам (7 – 8). Результаты расчета для мюона представлены на рис.1 – метод 2.

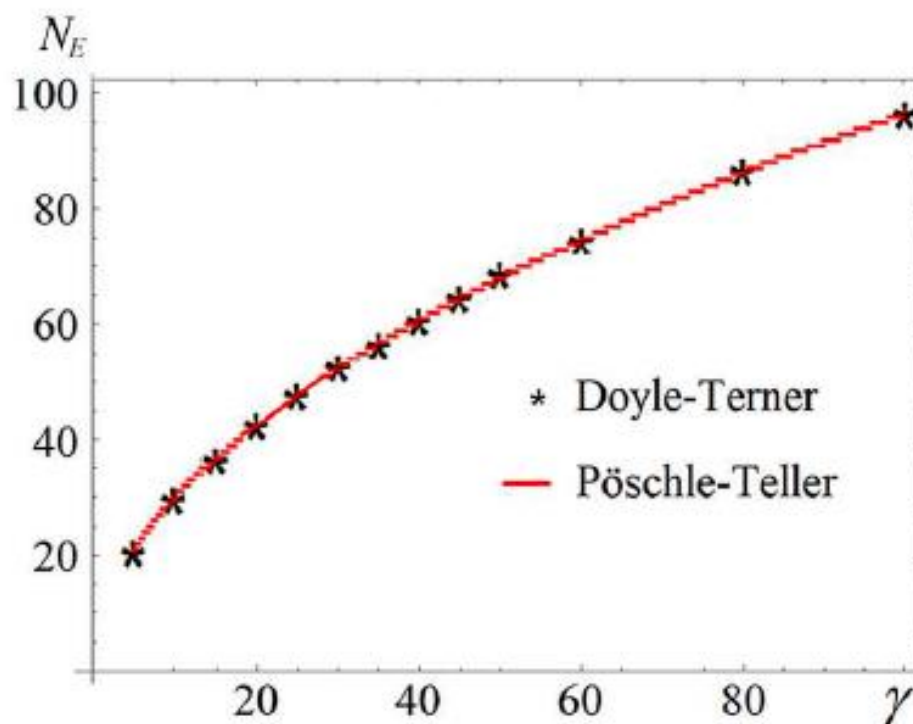


Рис.5. Зависимость количества n энергетических зон поперечного движения мюона, каналированного в (220) Si, от релятивистского фактора γ : красная линия – для «реального» потенциала и «звездочки» – для периодического потенциала на основе модельного потенциала Пешля-Теллера.

Видно, что результаты хорошо совпадают. Это позволяет утверждать, что расчет *количества* энергетических уровней релятивистского каналированного мюона в широком диапазоне его энергий (релятивистского фактора) с достаточной точностью может быть проведен по формулам (7-8), т.е. в рамках модельного потенциала Пешля-Теллера.

Однако приведенные результаты не позволяют оценить величину погрешности, возникающей при расчетах в рамках модельного потенциала Пешля-Теллера по сравнению с расчетами, проведенными для «реального» потенциала кристалла, построенного на основе экспериментальных данных для форм-фактора – методом Дойли-Тернера.

3.2 Расчет относительной погрешности энергетического спектра

Как было показано в предыдущей главе, расчет количества энергетических уровней в спектре поперечного движения релятивистского каналированного мюона с достаточно высокой степенью достоверности можно проводить по формулам (7-8), т.е. в рамках модельного потенциала Пешля-Теллера.

Однако высокая точность расчета количества энергетических уровней поперечного движения не обязательно означает достаточную точность вычисления самой величины энергии каждого энергетического уровня. Тем более что при каналировании в кристалле, энергетические состояния заряженной частицы (в том числе и мюона) должны образовывать зоны.

Для оценки погрешности расчета величины энергии в рамках модельного потенциала Пешля-Теллера по сравнению с ее значением, рассчитанным для «реального потенциала», для каждого энергетического состояния мюона введём величину:

$$\Delta E = \frac{E_n(n, \gamma) - E_n^s(n, k, \gamma)}{E_n(n, \gamma)}, \quad (13)$$

описывающую относительную разность энергий, где $E_n(n, \gamma)$ – расчет по формулам (7 – 8) и $E_n^s(n, k, \gamma)$ – расчет по формулам (9 – 10).

На рис.4 показаны результаты расчетов величины ΔE как функции номера n энергетического состояния для различных энергий (релятивистского фактора γ) каналированного мюона – показаны разным цветом.

В силу большой массы мюона влияние зонной структуры энергетических состояний очень слабое.

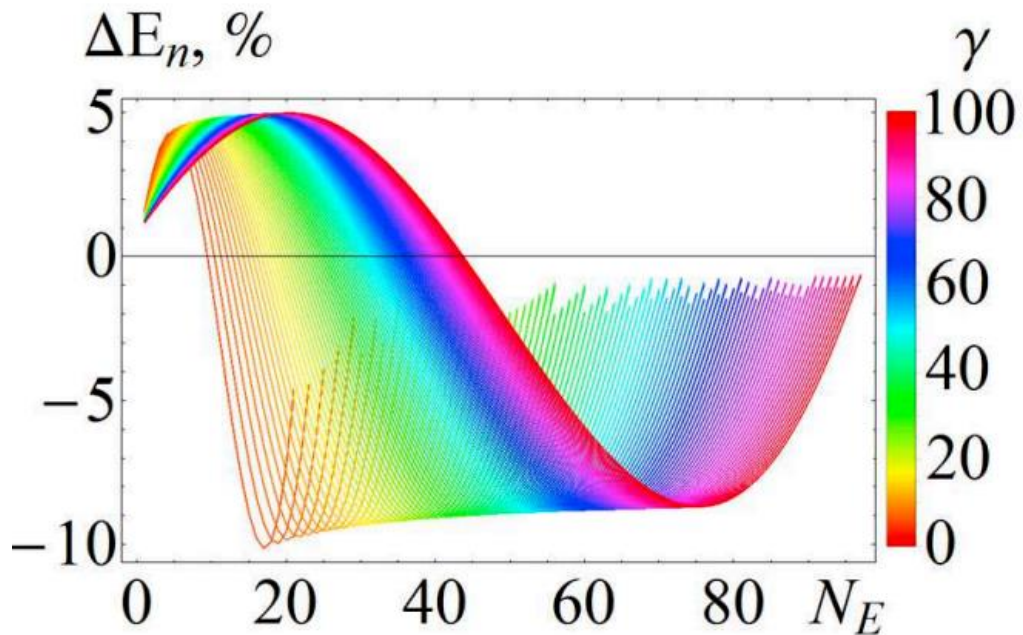


Рис.6. Относительные погрешности $\Delta\Omega_{i,i-1}$ и $\Delta X_{i,i-1}$ для переходов с соседних уровней для мюона, каналированного в (220) Si (то есть $\Delta\Omega_{i,i-1}$ и $\Delta X_{i,i-1}$). На левой фигуре относительная погрешность энергии фотона $\Delta\Omega_{i,i-1}$ представлена как функция номера начального квантового состояния i и релятивистского фактора, На правом рисунке относительная погрешность матричного элемента $\Delta X_{i,i-1}$ представлена как функция номера конечного квантового состояния f при $\gamma = 5$. Здесь i_n и f_n – номера подзон (мы разделили каждую группу на 10 частей).

Из рис.2 видно, что:

- для значения основного состояния относительная погрешность ΔE равна примерно 1%;
- при увеличении N_E значение ΔE увеличивается до 5% и это значение остается практически неизменным для состояний, занимающих приблизительно нижнюю четверть потенциальной ямы;
- при дальнейшем увеличении N_E значение ΔE уменьшается до нуля, когда энергия мюона достигает середины потенциальной ямы;
- после этого значение ΔE снова увеличивается до 10% и это значение

остаётся практически неизменным для состояний, занимающих приблизительно верхнюю четверть потенциальной ямы;

- И, наконец, значение ΔE уменьшается до нуля для энергии мюона вблизи вершины потенциала ямы.

3.3 Расчет относительной погрешности интенсивности излучения

Приведенные выше результаты позволяют оценить погрешность расчетов на основе модели Пешля-Теллера потенциала для любых физических процессов (сопровождающих процесс каналирования), которые требуют знания энергетического спектра и волновых функций каналированных частиц.

Например, чтобы рассчитать вероятность различных видов излучений для релятивистских каналированных частиц, необходимы два параметра: энергия фотонов $\hbar\Omega_{if} = E_i - E_f$, возникающих во время спонтанного перехода $i \rightarrow f$ между квантовыми состояниями поперечного движения и матричные элементы (например, в дипольном приближении) $X_{if} = \langle \phi_f | x | \phi_i \rangle$, соответствующие этому переходу.

Чтобы оценить погрешность вычисления энергии фотона в потенциале Пешля-Теллера введем величины:

$$\Delta\Omega_{if} = \frac{\Omega_{if}^{PT} - \Omega_{if}^{DT}}{\Omega_{if}^{DT}}, \quad \Delta X_{if} = \frac{(X_{if}^2)^{PT} - (X_{if}^2)^{DT}}{(X_{if}^2)^{DT}}, \quad (14)$$

где индекс PT показывает результат расчетов по модели Пешля-Теллера и индекс DT показывает результат расчетов по модели Дойли-Тернера.

На рис.3 показаны результаты расчетов относительных погрешностей ΔQ_{if} и ΔX_{if} для переходов соседних уровней для мюона, каналирующего в (220) Si (то есть $\Delta Q_{i, i-1}$ и $\Delta X_{i, i-1}$).

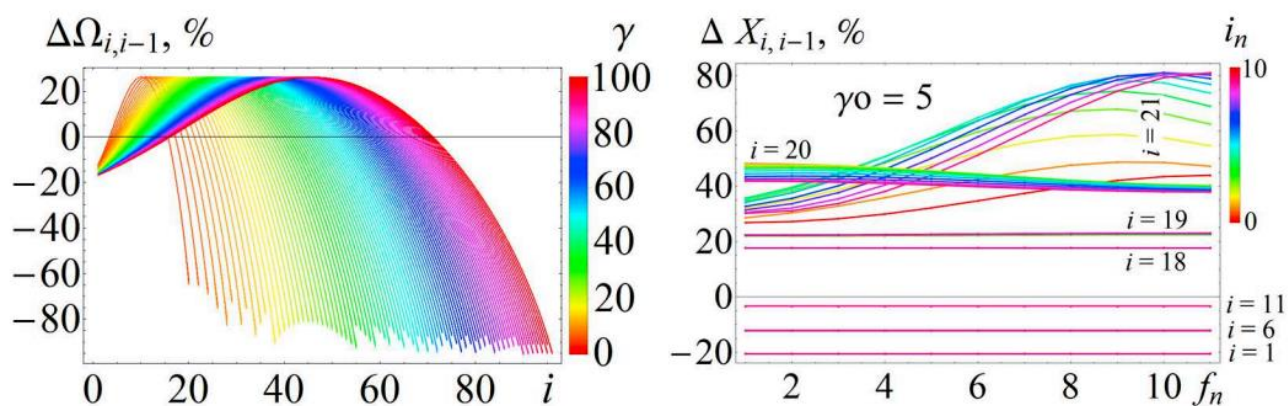


Рис.7. Относительных погрешностей $\Delta Q_{i,i-1}$ и $\Delta X_{i,i-1}$ для переходов соседних уровней для мюона, каналирующего в (220) Si (то есть $\Delta Q_{i,i-1}$ и $\Delta X_{i,i-1}$). На левой фигуре относительная погрешность энергии фотона $\Delta Q_{i,i-1}$ изображается как функция начального номера i и релятивистского фактора, На правом изображении относительная погрешность матричного элемента $\Delta X_{i,i-1}$ изображается через начальный номер уровня при $\gamma = 5$. Здесь i_n и f_n – номера подзон (мы разделили каждую группу на 10 частей).

Для того, чтобы учесть ширину зоны при расчете матричных элементов (в DT -модели), мы делим каждую энергетическую зону на 10 подзон и рассматриваем все возможные переходы.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения

научных исследований с позиции ресурсоэффективности и

ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В рамках квантовой механики были исследованы особенности каналирования тяжелых заряженных частиц в кристалле Si (220). Расчеты проведены для мюона. Показано, что число квантовых состояний мюона, полученных в разных модельных потенциалах, находится в хорошем согласии. Такое поведение этих величин связано с тем, что на верхних энергетических уровнях их зонная структура играет существенную роль. Также показано, что с ростом массы каналированной частицы, формула Линхарда для критического угла каналирования сильно завышает его величину. Предложен метод расчета этого угла в рамках квантовой механики.

Результаты, полученные в работе, могут быть полезны при подготовке и проведении экспериментальных исследований различных явлений, сопровождающих каналирование частиц.

Данная научно-исследовательская работа выполнялась в помещении кафедры общая физика третьего корпуса Томского Политехнического университета в кабинете 223.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в табл. 1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырёх конкурентных товаров и разработок.

К1 – результат расчёта руководителя Коротченко в 1998 году

К2 – результат расчёта Дабагов в 1968 году

Таблица 4.1 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	3	3	0,20	0,15	0,15
2. Удобство в эксплуатации	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
3. Надежность	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
4. Безопасность	0,15	5	4	4	0,75	0,60	0,60
5. Простота эксплуатации	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,25
6. Уровень шума	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,60
7. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,20	5	2	3	1,00	0,40	0,60

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	5	4	0,20	0,25	0,20
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	4	4	1,00	0,20	0,20
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
4. Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,20
5. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	5	4	0,20	0,25	0,20
6. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	4	4	1,00	0,20	0,20
Итого	1	57	49	47	4,60	3,45	3,75

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$\Pi_{cp} = \sum B_i * B_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

4.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (Quality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл. 4.2).

Таблица 4.2 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,05	85	100	0,85	4,25
2. Время производства	0,1	93	100	0,93	9,3
3. Надежность	0,05	86	100	0,86	4,3
4. Безопасность	0,15	88	100	0,88	1,32
5. Простота	0,05	96	100	0,96	4,8

эксплуатации					
6. Уровень шума	0,15	94	100	0,94	14,1
7. Ремонтопригодность	0,05	100	100	1	5
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
8. Конкурентоспособность продукта	0,05	82	100	0,82	4,1
9. Уровень проникновения на рынок	0,05	69	100	0,69	3,45
10. Унифицированность	0,05	79	100	0,79	3,95
11. Финансовая эффективность научной разработки	0,15	95	100	0,95	14,25
12. Срок выхода на рынок	0,05	84	100	0,84	4,2
13. Перспективность рынка	0,05	96	100	0,96	4,8
Итого	1	88,23	100	0,882	77,82

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i \quad , \quad (4.2)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

4.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Использование интерактивной матрицы (таблица 4.3) помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей SWOT.

Таблица 4.3 Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского о проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского о проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие у потенциальных

	<p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>потребителей</p> <p>квалифицированных кадров</p> <p>по работе с научной разработкой</p> <p>Сл3. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующий, используемые при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры</p>	<p>По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p>	<p>По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p>

<p>ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>...</p>	<p>можно сделать вывод о том, что нужно расширять лабораторию и попытаться улучшить программные обеспечения, чтобы увеличить эффективность программного обеспечения.</p>	<p>можно сделать вывод о том, что мы должны развивать новые методы исследования, чтобы уменьшить</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p>	<p>По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» можно</p>	<p>По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» можно</p>

<p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>сделать вывод о том, что возможные угрозы при производстве, такие как отсутствие спроса и</p>	<p>сделать вывод о том, что мы должны развивать новые методы исследования.</p>
<p>У3. Ограничения на экспорт технологии</p>	<p>развитая конкуренция, могут сильно ослабить позиции данного научного</p>	<p>При необходимости можно стремиться к сотрудничеству с</p>
<p>У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>исследования. Тематика очень актуальна, и мы имеем оригинальные решения поставленной задачи, поэтому мы имеем конкурентоспособность</p>	<p>другими научными центрами.</p>
<p>У5. Несвоевременно финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>		

Таблица 4.4 Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	0	+
	B2	-	+	+	-	0
	B3	-	+	+	-	0
	B4	+	-	0	+	0

4.2 Планирование научно-исследовательской работы

4.2.1 Планирование этапов работ

Для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательных действий необходимо составить календарный график выполнения НИОКР.

Таблица 4.5 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	3	Проведение патентных	Бакалавр

исследований		исследований	
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Выбор методики для исследований	Руководитель, бакалавр
	7	Ознакомление с методикой исследованием и программным обеспечением	Руководитель, бакалавр
	8	Проведения расчета на ПЭВМ	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Проверка полученных результатов	Бакалавр
	10	Оформление заключение	Бакалавр
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки	Бакалавр
	12	Оформление дипломной работы и подготовка к защите	Бакалавр

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения НИОКР

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4.3)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.4)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{о.э.}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Техническая готовность темы

Определение технической готовности темы позволяет дипломнику точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$Y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} * 100\% \quad (4.5)$$

где Y_i – удельное значение каждой работы в %;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы Γ_1 , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} * 100\%, \quad (4.6)$$

где $\sum_{i=1} T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы.

4.2.4 Построение графика работ

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому

наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * \kappa_{кал}, \quad (4.7)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$\kappa_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$\kappa_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4.8)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году. Все рассчитанные значения

необходимо свести в таблицу (табл. 4.8).

В 2017 году 365 календарных дней, из них 52 выходных дня и 14 праздничных дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$\kappa_{кал} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Таблица 4.6 Временные показатели проведения научного исследования

Название работ	Трудоёмкость работ	Исполнители	Длительность	Длительность

									работ в рабочих днях Т _{рi}		работ в календарн ых днях Т _{кi}	
	Р		Б		Р		Б	Р	Б	Р	Б	Р
Составление и утверждение технического задания	4	-	8	-	5, 6	-	+	-	2,8	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	2	-	5	-	3,2	-	+	-	1,6	-	2
Проведение патентных исследований	-	1 2	-	2 0	-	15, 2	-	+	-	7,6	-	10
Выбор направления исследований	2	2	4	4	2, 8	2,8	+	+	1,4	1,4	2	2
Календарное планирование	4	4	4	4	3	3	+	+	2	2	3	3

работ по теме												
Выбор методики для исследований	3	3	5	5	8	8	+	+	4	4	5	5
Ознакомление с методикой исследованиями программным обеспечением	2	2	3	3	5	5	+	+	3	3	4	4
Проведения расчета на ПЭВМ	-	10	-	15	-	12,5	-	+	-	7,5	-	10
Проверка полученных результатов	-	5	-	10	-	7,5	-	+	-	5	-	6
Оформление заключения	-	2	-	3	-	2,5	-	+	-	2	-	3
Составление пояснительной записки	-	2	-	3	-	2,5	-	+	-	2	-	3
Оформление	-	1	-	1	-	12,	-	+	-	10	-	12

дипломной		0	5		5						
работы и											
подготовка к											
защите											

На основе табл. 4.6 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 4.9 с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая – руководитель – бакалавр группировка затрат по различным статьям.

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + \kappa_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (4.9)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

κ_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В данном научно-техническом исследовании нет материальных затрат, так как мы делаем теоретический анализ.

Таблица 4.7 Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				февр		март			апрель			май			июнь			
				1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4															
2	Подбор и изучение материалов по теме	бакалавр	2															
3	Проведение патентных исследований	бакалавр	10															
4	Выбор направления	Руководитель, бакалавр	2															

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в табл. 4.10.

Таблица 4.8 Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Персональный компьютер	1	40	40
Итого:				40

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{zn} = Z_{oc} + Z_c \quad (4.10)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{дон}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дон} * T_p, \quad (4.11)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дон}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дон} = \frac{Z_M * M}{F_d}, \quad (4.12)$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 4.9 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	104
-выходные дни	14	14
-праздничные дни		

Потери рабочего времени	48	24
-отпуск	0	0
-невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + \kappa_{np} + \kappa_\delta) * \kappa_p, \quad (4.13)$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

κ_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

κ_δ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

κ_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.10.

Таблица 4.10 Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	22638,7	0,35	1,3	48560	2012	18	36216
Бакалавр	14874,5	0,35	1,3	25524,6	945,4	59	55755

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = \kappa_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.14)$$

где $\kappa_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме.

Таблица 4.11 Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	36216
Студент-дипломник	55755
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Итого	24924,4

4.3.5 Накладные расходы

Время использования оборудования:

$$59 * 12 \text{ час} = 708 \text{ час} \quad (\text{бакалавр}). \quad 18 * 12 \text{ час} = 216 \text{ час} \quad (\text{руководитель}).$$

Мощность компьютера 400Вт.

Поэтому $W=P*t=708*400=283200$ Вт/час= 283,2 кВт/час

$W=P*t=216*400=86400$ Вт/час= 86,4 кВт/час

$283,2*1,58=447,5$ руб.

$86,4*1,58=136,5$ руб.

4.3.6 Формирование бюджет затрат НИ

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 4.12.

Таблица 4.12 Расчет бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	руководитель	бакалавр	
1. Материальные затраты НИ	0	0	
2. Затраты на специальное оборудование для научных	40000	40000	Таблица 4.10

(экспериментальных) работ			
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	36216	55755	Таблица 4.12
4. Отчисления во внебюджетные фонды	9790	15110	Таблица 4.13
5. Накладные расходы	136,5	447,5	
6. Бюджет затрат НИИ	86052,5	111312,5	Сумма ст. 1-5

5. Социальная ответственность

5.1 Производная безопасность в компьютерном помещении среды

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность это ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя

ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров (IC CSR 26000:2011).

Данная научно-исследовательская работа выполнялась в помещении кафедры экспериментальная физика третьего корпуса Томского Политехнического университета в кабинете 223. Помещение оснащено видео-дисплейными терминалами(ВДТ), персональными электронно-вычислительными машинами(ПЭВМ), принтеры, шкафы, компьютерными столами, стульями, кофе машиной и противопожарной сигнализацией. Помещение относится к классу помещений без повышенной опасности, так как отсутствуют условия, создающие повышенную или особо повышенную опасность.

Для того, чтобы обеспечивать производственную безопасность необходимо проанализировать воздействия на человека вредных и опасных производственных факторов, которые возможно возникают при разработке или эксплуатации проекта.

Все производственные факторы классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизические. Для данной работы целесообразно рассмотреть физические и психофизические вредные и опасные факторы производства, характерные как для рабочей зоны программиста, как разработчика рассматриваемой в данной работе системы, так и для рабочей зоны пользователя ПЭВМ. Выявленные факторы представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Вредные и опасные производственные факторы при выполнении работ за ПЭВМ

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Работа за ПЭВМ	<p>1) Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;</p> <p>2) Повышенный уровень электромагнитных излучений</p> <p>3) Недостаточная освещенность рабочей зоны. режим работы</p>	<p>1) Опасность поражения электрическим током;</p> <p>2) Опасность возникновения пожара.</p>	<p>1) СанПиН 2.2.4.548-96;</p> <p>2) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</p> <p>3) СП 52.13330.2011[3];</p> <p>4) ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ;</p> <p>5) СНиП 21-01-97.</p>

5.2 Анализ вредных производных факторов окружающей работающей среды

5.2.1 Микроклимат

Микроклиматические параметры – это сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Эти параметры в значительной степени влияют на функциональную деятельность человека, его самочувствие здоровье, а также и на надежность работы вычислительной техники.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура, Цельсий				Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		По ст.	Не по ст.	По ст.	Не по ст.				
Холод	22 - 24	25	26	21	18	40 - 60	75	0,1	0,1

ный									
Теплы й	23 – 25	28	30	22	20	40 - 60	70	0,1	0,1

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

5.2.2 Уровень электромагнитного излучения

Уровень электромагнитных излучений на рабочем месте оператора ПЭВМ является вредным фактором производственной среды, величины параметров которого определяются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно–сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови. Допустимые уровни воздействия электрического поля представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Допустимые уровни воздействия электрического поля

ДУ, кВ/м	Условия облучения
0,5	внутри жилых зданий

1,0	на территории зоны жилой застройки
5,0	в населенной местности вне зоны жилой застройки; (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов) а также на территории огородов и садов;
10,0	на участках пересечения воздушных линий электропередачи с автомобильными дорогами 1 – IV категорий;
15,0	в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья);
20,0	в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения.

Согласно СанПиН 2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:

в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц – 25 в/м;

в диапазоне частот 2 – 400 кГц – 2.5 в/м.

5.2.3 Недостаточная освещённость

Недостаточная освещённость рабочей зоны является вредным производственным фактором, возникающим при работе с ПЭВМ, уровни которого регламентируются СП 52.13330.2011.

При нехватке освещённости человек испытывает дискомфорт и вследствие всего могут развиваться психические заболевания, ухудшение зрения, снижение концентрации. В рассматриваемом офисном помещении освещённость на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа равна 300 лк. Освещение не создает бликов на поверхности экрана. Освещённость поверхности экрана равна примерно 300 лк. Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях составляет не более 200 кд/м².

Причиной недостаточной освещённости являются недостаточность естественного освещения, недостаточность искусственного освещения, пониженная контрастность.

Разряд зрительных работ программиста и оператора ПЭВМ относится к разряду III и под разряд (работы высокой точности). В таблице 5.4 представлены нормативные показатели искусственного освещения при работах заданной точности.

Таблица 5.4 Требования к освещению помещений промышленных предприятий для операторов ПЭВМ

Характеристика зрительной работы	Наименый или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контрастность фона	Характеристики фона	Искусственное освещение		
						Освещённость, лк		
						При комбинированного освещения		При системе общего освещения
всего	В том числе от общего	о освещении						
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	г	Средний, большой	Светлый, средний	400	200	200

5.3 Анализ опасных производных факторов окружающей рабочей среды

Для идентификации опасных и вредных производственных факторов определим работы и операции, связанные с выполнением ВКР. Основная работа велась на рабочем месте с использованием ПК и периферийного оборудования. Работа на ПЭВМ относится к категории работ, связанных с опасными и вредными условиями труда. Выделим опасные и вредные производственные факторы, в соответствии с и приведенными работами.

Для приведенных работ вредными являются следующие факторы:

- шум на рабочем месте от работы оборудования;
- электромагнитные излучения от мониторов;
- опасность поражения электрическим током.

5.3.1 Электробезопасность

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током (в которой отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность).

Помещение без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18–20 С°, с влажностью 40–50%. Электробезопасность является опасным фактором и обычно она связана со следующими источниками:

- поражение электрическим током;

– статическое электричество;

– молниезащита.

Мероприятия защиты при электробезопасности следующие:

– отключать электрооборудование при его ремонте;

– периодически снимать электростатическое напряжение, касаясь пальцами рук, заземленных поверхностей;

– для безопасности во время гроз необходимо удостовериться о наличие молниеотвода, и того факта, что все розетки в кабинете заземлены.

В отличие от других источников опасности электрический ток нельзя обнаружить без специального оборудования и приборов, поэтому воздействие его на человека чаще всего неожиданно.

Следствия воздействия электрического тока на тело человека приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 Воздействие электрического тока на тело человека

Вид воздействия	Следствие	Виды электротравм
Термическое	Ожоги отдельных участков тела, нагрев внутренних органов	Электрический ожог, электрический знак, металлизация кожи.
Биологическое	Разложение и возбуждение живых тканей, судорожное сокращение мышц	Механические повреждения

Электролитическое	Разложение крови и других жидкостей, нарушение их физико-химического состава	Электрический удар
-------------------	--	--------------------

Особое внимание необходимо уделять защите от статического электричества. Для его снижения применяют специальное покрытие полов, которое выполнено из линолеума антистатического поливинилхлоридного. К другому методу защиты можно отнести нейтрализацию зарядов ионизированным воздухом.

5.3.2 Опасность возникновения пожара

Возникновение пожара является опасным производственным фактором, т.к. пожар на предприятии наносит большой материальный ущерб, а также часто сопровождается травмами и несчастными случаями. Причём пожары приводят к полной потере информации и большим трудностям восстановления всей информации в полном объёме. Регулирование пожаробезопасности производится СНиП 21-01-97.

Возможные виды источников воспламенения:

- Искра при разряде статического электричества;
- Искры от электрооборудования;
- Искры от удара и трения;
- Открытое пламя.

Согласно требованиям, в офисе необходимо вести журнал регистрации противопожарного инструктажа, инструкцию о мерах пожарной безопасности и инструкцию о порядке действий персонала при пожаре. Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунок 5.1).



Рис. 5.1 - План эвакуации из лаборатории ком.223

5.4 Рекомендации по минимизации влияния

5.4.1 Рекомендации по улучшению микроклимата

Воздушной среды в исследовательском производственном помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим.

Для обеспечения комфортных условий используют как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

5.4.2 Рекомендации по минимизации влияния электромагнитных излучений

Данная разработка направлена на уменьшение количества часов, затрачиваемых сотрудником на ввод персональных данных гражданина, что сокращает влияние электромагнитного излучения. Время на переобучение сотрудников не сильно увеличит влияние фактора, так как это происходит одноразово.

5.4.3 Рекомендации по минимизации влияния освещения

Для обеспечения требуемого уровня освещения в помещении используется лампы дневного освещения, равномерно распределенные по всему потолку офиса. Для освещения помещения выбраны наиболее широко применяемые лампы типа ЛБ.

5.4.4 Рекомендации по защите от электрического тока

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений кожухами, корпус устройства

должен быть заземлен. Заземление выполняется изолированным медным проводом сечением 1,5 мм², который присоединяется к общей шине заземления с общим сечением 5,4 мм² при помощи сварки. Общая шина присоединяется к заземлению, сопротивление которого не должно превышать 4 Ом. Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

При эксплуатации ЭВМ запрещается:

- включать ЭВМ при неисправной защите электропитания;
- подключать и отключать разъемы кабелей электропитания и блоков вентиляции при поданном напряжении электросети;
- заменять съемные элементы под напряжением;
- производить пайку аппаратуры, находящейся под напряжением;
- снимать щиты, закрывающие доступ к токоведущим частям;
- пользоваться электроинструментами с напряжением 36В и выше с незаземленными корпусами.

5.4.5 Меры по обеспечению пожарной безопасности

Одним из условий обеспечения пожаробезопасности любого производственного процесса является ликвидация возможных источников воспламенения.

Для устранения возможности пожара в помещении должны соблюдаться следующие противопожарные меры:

- ограничение количества горючих веществ;

- устранение возможных источников возгорания (электрических искр, нагрева оболочек оборудования);
- применение средств пожаротушения;
- использование пожарной сигнализации;
- содержание электрооборудования в исправном состоянии, использование плавких предохранителей и автоматических выключателей в аппаратуре, по окончании работ все установки должны обесточиваться;

5.5 Экологическая безопасность

В данном разделе рассматривается воздействие на окружающую среду деятельности по данному исследованию.

Данное исследование программного обеспечения и работа за ПЭВМ не являются экологически опасными работами, потому что результат, который выполнялся в данной работе, а также объекты, на которых будет реализоваться его использование операторами ПЭВМ относятся к предприятиям пятого класса.

Люминесцентные лампы, применяющиеся для искусственного освещения рабочих мест, также требуют особой утилизации, т.к. в них присутствует от 10 до 70 мг ртути, которая относится к чрезвычайно-опасным химическим веществам и может стать причиной отравления живых существ, а также загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы. Сроки службы таких ламп составляют около 5-ти лет, после чего их необходимо сдавать на переработку в

специальных пунктах приема. Юридические лица обязаны сдавать лампы на переработку и вести паспорт для данного вида отходов.

5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Лаборатория расположена в городе Томск с континентально-циклоническим климатом и природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае в городе Томск могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы и метели. В результате порывов ветра могут быть обрывы линий электропитания, из-за чего возможны перебои в электроснабжении; перегрузки, которые могут стать причиной пожара. Для предотвращения подобных ситуаций необходима организация системы аварийного электропитания, по возможности проведение линии электроснабжения под землей. Низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения. В случае переморозив труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В последнее время, в связи с внешней политикой страны, возможны проявления диверсии. Угрозы могут быть как ложными, так и действительными, поэтому необходимы меры предосторожности по этому поводу. В качестве мер безопасности могут быть приняты следующие действия— установка системы видеонаблюдения и круглосуточной охраны, сохранение конфиденциальной информации о

охранной системе. Необходимо так же проводить информирование должностных лиц и тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
2. ГОСТ 12.11.005-88. Общие санитарно-технические требования к воздуху рабочей зоны.
3. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
5. СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ.
6. ГОСТ 12.1.009 – 2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения
7. ГОСТ 12.1.030 – 81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
8. ГОСТ 12.1.038-82 (2001). Электробезопасность. Предельно допустимые значения прикосновения и токов.
9. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
10. СНиП 21-01-96. Пожарная безопасность.

Заключение

Для релятивистского фактора γ при (220) каналировании мюона, не превышающего значение ~ 60 (для кристалла кремния Si и значение ~ 180 – для алмаза C), формула Линхарда (1) дает удовлетворительную оценку угла θ_C . Для более высоких значений γ эта формула **неприменима**.

Сравнив результаты расчетов количества энергетических зон для связанных состояний (bound states), энергетического спектра E_n , энергии фотонов $\Delta\Omega_{i, i-1}$ и матричные элементы $\Delta X_{i, i-1}$ для мюона, каналированного в Si (220) для двух потенциалов – Пешля-Теллера и Дойла-Тернера. Основные результаты заключаются в следующем:

1. количество энергетических зон, рассчитанные в рамках различных моделей, находятся в хорошем согласии.

2. Относительная погрешность энергии поперечного движения мюона, рассчитанная в рамках различных моделей, не превышает 10%.

3. Относительные погрешности энергий фотонов и матричных элементов, рассчитанные в рамках различных моделей, находятся в хорошем согласии только для энергетических уровней - далеких от вершины потенциальной ямы, но возникают большие погрешности для уровней вблизи вершины потенциальной ямы. Такое поведение связано с тем, что нижние энергетические уровни узкие и их зонной структурой можно пренебречь. Когда поперечная энергия мюона приближается к вершине потенциальной ямы, энергетические зоны расширяются и зонная структура играет большую роль. В этой ситуации

приближение Пешля-Теллера неприменимо.

Следовательно, потенциал Пешля-Теллера можно использовать для того, чтобы получить оценки значений для низких уровней энергии поперечного движения каналированных частиц.

Эти результаты могут быть полезны при подготовке и проведении явление каналирования.

Список литературы

1. M.L. Ter-Mikelian, High energy electromagnetic processes in condensed media, Wiley Interscience, New York U.S.A., (1972).
2. V.N. Baier, V.M. Katkov and V.M. Strakhovenko, Electromagnetic processes at high energies in oriented single crystals, World Scientific Publishing Co, Singapore, (1998).
3. J. Lindhard, Influence of crystal lattice on motion of energetic charged particles, Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk. 34 (1965) 1.
4. P.B. Hirsch, A. Howie, R.B. Nicholson, D.W. Pashley and M.J. Whelan, Electron microscopy of thin crystals, Butterworths, London U.K., (1965).
5. V.M. Samsonov, The Leningrad experiment on volume capture, in Relativistic channeling, R.A. Carrigan Jr. and J.A. Ellison eds., Plenum Press, (1987), pg. 129.
6. J.C. Kimball, N. Cue, Phys. Rep. 125 (2) (1985) 69–101.

7. Beloshitskii V. V. and Kumakhov M. A., Quantum theory of spontaneous and induced radiation of channeled electrons and positrons, *Sov. Phys. JETP* **47(4)** (1978) 652-658
8. Lasukov V. V., Vorobiev S. A., Neutrino radiation by ultrarelativistic electrons at channeling in crystals, *Phys. Lett A* **106(4)** (1984) 179-181.
9. S. Flügge, *Practical quantum mechanics*, volume 1, Springer-Verlag, Germany, (1974).
10. V. Aldaya and J. Guerrero, Group approach to the quantization of the Pöschl-Teller dynamics, *J. Phys. A* **38** (2005) 6939 [quant-ph/0410009].
11. Yu. L. Eykhorn, K.B. Korotchenko, Yu. L. Pivovarov and Y. Takabayashi, Quantum resonances in reflection of relativistic electrons and positrons, *Nucl. Instrum. Meth. B* **355** (2015) 328.
12. C. Kittel, *Quantum theory of solids*, John Wiley and Sons, U.S.A., (1963).
13. V. A. Bazylev and N. K. Zhivago, *Radiation from Fast Particles in Matter and External Fields* (Nauka, Moscow, 1987) (in Russian)
14. Линдхард Й. Влияние кристаллической решетки на движение быстрых заряженных частиц // УФН. 1969. Vol. 99, no. 2. Pp. 249–246. перевод: Jens Lindhard, Influence of Crystal Lattice on Motion of Energetic Charged Particles, *Mat.-Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk.* **34**, No. 14 (1965).
15. Pöschl-Teller potentials .Symmetries in Science XIV. *Journal of Physics: Conference Series* **237** (2010) 012012. 2010 *J. Phys.:* Conf. Ser. 237012012.

16. Квантовая теория твердых тел. Ч. Киттель, Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1967.
17. R.K. Klein et al., Electron channeling radiation from diamond, *Phys. Rev. B* 31 (1985) 68.
18. Bogdanov O. V., Fiks E. I., Korotchenko K. B., Pivovarov Yu. L., Tukhfatullin T. A., *Basic channeling with Mathematica©: A new computer code*, *J. Phys.: Conf. Ser.* **236** (2010) 012029.