

Бесплатно.

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. И. ЛЕНИНА

На правах рукописи

ЧЕРЕПИЦА Сергей Вячеславович

УДК 539.12, 539.27

**ВРАЩЕНИЕ СПИНА
И ДИХРОИЗМ ПРИ ДИФРАКЦИИ
НЕЙТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ**

01.04.02 — Теоретическая и математическая физика

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Минск 1987

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Явления, возникающие при дифракции нейтронов в кристаллах, составляют обширную область физических исследований, которой посвящено большое число теоретических и экспериментальных работ. Интерес к этой области исследований обусловлен несколькими причинами. С одной стороны, он связан с тем, что с помощью дифракции нейтронов в кристаллах можно изучать свойства самого нейтрона, как элементарной частицы, а с другой стороны — многочисленными явлениями при дифракции нейтронов в кристаллах, в экспериментальной ядерной физике, при исследовании структуры и динамики твердого тела. Методы исследования вещества при помощи дифракции нейтронов несут в себе так много уникальных возможностей, что несмотря на большие экспериментальные трудности, нейтронные исследования постоянно расширяются.

В условиях динамической дифракции нейтронов в намагниченных кристаллах имеет место явление многочастотной прецессии спинов (МПС) нейтронов и целый ряд других поляризационных динамических эффектов. Однако наблюдение подобного рода динамических эффектов в магнитных кристаллах на сегодняшний день затруднено вследствие определенных технологических трудностей получения совершенных однодоменных монокристаллов достаточно больших размеров. Эти трудности отсутствуют для немагнитных кристаллов, помещенных во внешнее постоянное однородное магнитное поле. В этом случае даже в немагнитном неполяризованном кристалле возникает явление МПС (В.Г.Барышевский. — Письма в ЖЭТФ, 1981, т.33, вып.1, с.78-81), зависимость коэффициента дифракционного отражения нейтронов кристаллом от спинового состояния падающих частиц.

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени государственном университете им.В.И.Ленина

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор Барышевский В.Г.
Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Э.А.Рудак
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник А.И.Франк
Ведущая организация: ИТЭФ, г.Москва.

Защита состоится "5" февраля 1988 г. в 10 часов на заседании специализированного Совета К056.03.09 в Белорусском государственном университете им.В.И.Ленина по адресу: 220080, г.Минск, Ленинский проспект, 4, главный корпус, комната 206.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БГУ.

Автореферат разослан "30" января 1987 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
профессор

И.Д.Фералчук

Это открывает возможность изучения полизационных динамических эффектов при постановке дифракционных экспериментов с немагнитными кристаллами в магнитном поле.

В последние годы проявляется все возрастающий интерес к объединению общей теории относительности с принципами квантовой механики. Бурно развиваются квантовая гравитация и топология. В то же время развитие экспериментальных исследований по обнаружению всевозможных влияний гравитации на квантово-механические системы лишь только начинается. Возможность постановки первых таких экспериментов с нейтронами связана с созданием нейтронного интерферометра Раухом с соотрудниками в 1974 году. Основное свойство нейтронного интерферометра, используемое в подобных экспериментах, заключается в том, что получаемые в интерферометре пространственно-разнесенные когерентные нейтронные пучки представляют собой макроскопическую квантовую систему, которая может быть подвержена некоторому физическому воздействию в макроскопическом масштабе. Как следствие, основное внимание теоретических исследований в этой области было уделено рассмотрению различных экспериментальных ситуаций с нейтронными интерферометрами, где ожидалась заметные величины искомого эффекта. Однако и в том случае, когда отсутствует пространственное расщепление пучка частиц, последовательный учет гравитационного поля и вращения Земли приводит к заметному полизационному эффекту, выходящемуся в изменении частоты прецессии спина нейтрона в магнитном поле. В условиях динамической дифракции нейтронов в кристалле указанный эффект значительно возрастает. Оценки величины эффекта указывают на возможность его экспериментального обнаружения с помощью существующей методики определения угла поворота спина нейтрона.

Продолжаются интенсивные исследования эффектов нарушения пространственной и временной инвариантности в различных реакциях взаимодействия нейтронов с ядрами. Экспериментально обнаружены P-нечетные нейтронно-оптические двойные лучепреломление, приводящее к вращению спина нейтрона, и спиновый дихроизм при взаимодействии тепловых нейтронов с неполизированными ядрами слова-117. В условиях дифракции появляется возможность наблюдения еще одного эффекта, одновременно нарушающего P- и T-инвариантность и заключающегося в дихроизме и повороте спина нейтрона вокруг направления переданного импульса. Следует отметить, что обсуждаемые нечетные эффекты в упругом канале взаимодействия нейтронов с ядрами представляют значительный интерес для ядерной физики. Их изучение позволяет глубже понять сложную структуру атомного ядра и его возбужденных состояний.

Показатель преломления нейтронной волны в кристалле в условиях дифракции определяется как амплитудой рассеяния на угол θ , так и амплитудой рассеяния вбок на угол дифракции. Это приводит к тому, что при дифракции в показателе преломления нейтронной волны начинает входить амплитуда спин-орбитального рассеяния, как электромагнитного, так и ядерного. Полиризацияционная зависимость спин-орбитального рассеяния нейтронов в данном случае порождает различие в коэффициентах преломления дифрагирующих нейтронов, обладающих противоположными проекциями спина на вектор нормали к плоскости дифракции. Для немонаотомных кристаллов с нецентросимметричной структурой решетки при дифракции на определенных семействах кристаллографических плоскостей имеет место интерференция между ядерной амплитудой рассеяния и амплитудой спин-орбитального рассеяния. Как следствие, здесь можно ожидать значительного увеличения величины

проявления возникающих поляризационных эффектов. Наличие поляризационной зависимости показателя преломления нейтронов в условиях дифракции указывает на возможность постановки спин-зависимых нейтронно-оптических экспериментов на неполяризованных мишенях. Так как величина обсуждаемых эффектов, не нарушающих пространственную и временную инвариантность, значительно превышают величины ожидаемых Р- и Т- неинвариантных эффектов, то при постановке экспериментов по исследованию нарушения инвариантности на мишенях, обладающих кристаллической структурой, необходимо проводить тщательный учет мешающих Р- и Т- инвариантных, в данном случае, спин-орбитальных эффектов.

Таким образом, актуальность исследованных в диссертации вопросов вытекает из самой постановки современного нейтронно-дифракционного эксперимента и требует развития теории и проведения анализа поляризационных явлений при дифракции нейтронов в кристаллах.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

1. Построение теории многочастотной прецессии спина нейтронов при дифракции в немагнитном кристалле с неполяризованными ядрами в присутствии внешнего магнитного поля. Анализ поляризационных явлений, возникающих при дифракции нейтронов в немагнитном кристалле в магнитном поле.
2. Исследование эффектов влияния гравитационного поля и вращения Земли на прецессию спина нейтрона.
3. Анализ Р- и Т- неинвариантного вращения спина и дихроизма нейтронов, дифрагирующих в кристалле.
4. Исследование спин-орбитальных эффектов при дифракции нейтронов в нецентросимметричных кристаллах с неполяризованными ядрами.

Научная новизна. В настоящей диссертационной работе дана теория многочастотной прецессии спина нейтронов при дифракции в немагнитном кристалле с неполяризованными ядрами в присутствии внешнего постоянного однородного магнитного поля. Проведен подробный анализ интенсивности и поляризационных характеристик дифрагирующих нейтронов как в случае Лауэ, так и в случае Брэгга. Показано, что эффект МПС имеет место и в симметричном случае Лауэ, если граница раздела магнитного поля не параллельна вектору дифракции $2\pi\vec{c}$.

Предсказан эффект влияния гравитационного поля и вращения Земли на прецессию спина нейтрона. Показано, что в условиях динамической дифракции в кристалле величина эффекта возрастает на несколько порядков. Оценки показывают, что указанный эффект может быть обнаружен с помощью методики определения угла поворота спина нейтрона, точность которой на сегодняшний день на несколько порядков превосходит величину последнего.

Показано, что при дифракции нейтронов в кристаллах, ядра которых поляризованы, возникает несколько новых Р- и Т- неинвариантных вкладов в поворот спина и дихроизм. Предсказан новый Т-неинвариантный поворот спина нейтрона при дифракции в нецентросимметричном кристалле вследствие наличия у нейтрона электрического дипольного момента.

Предсказано явление прецессии спина и спинового дихроизма нейтрона в немагнитных неполяризованных кристаллах, обусловленное спин-орбитальным взаимодействием нейтронов с ядрами кристалла. Проведен подробный его анализ.

Практическая значимость работ. Выводы и результаты работы могут найти применение в дальнейших исследованиях поляризационных явлений при дифракции нейтронов в кристаллах, при постановке экспериментов по обнаружению несохранения пространствен-

ной и временной инвариантности в условиях дифракции нейтронов в кристаллах.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Теория многочастотной прецессии спина нейтрона при дифракции в немагнитном кристалле с неполяризованными ядрами в присутствии внешнего магнитного поля.
2. Эффект влияния гравитационного поля и вращения Земли на прецессию спина нейтронов.
3. Пространственно- и временно-неинвариантные поворот спина и спиновый дихроизм при дифракции нейтронов в кристаллах.
4. Эффект Т-неинвариантного поворота спина нейтрона при дифракции в нецентросимметричном кристалле вследствие наличия у нейтрона электрического дипольного момента.
5. Явление прецессии спина и спинового дихроизма нейтронов в немагнитных неполяризованных кристаллах, обусловленные спиновым орбитальным взаимодействием с ядрами кристалла.

Апробация работ. Основные результаты работы докладывались на УШ Советских по использованию рассеяния нейтронов в физике твердого тела (Юрмала, 30 октября-1 ноября 1985 г.), на научных семинарах научно-исследовательского института ядерных проблем и кафедры теоретической физики Белгосуниверситета им.В.И.Ленина и опубликованы в 8 печатных работах.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации 114 страниц, включая 7 рисунков, 1 таблицу и список цитированной литературы (116 наименований).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении освещается актуальность темы, основывается цель работы, кратко сформулированы новизна результатов, полученные в диссертационной работе, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен обзор литературы, посвященной теоретическому и экспериментальному исследованию поляризационных эффектов, возникающих при дифракции нейтронов на совершенных монокристаллах. Указано, что в связи с отсутствием больших совершенных магнитных однодоменных кристаллов экспериментально не было возможности наблюдать многочисленные поляризационные явления, имеющие место в условиях динамической дифракции в таких кристаллах. Однако многие поляризационные эффекты в динамической дифракции нейтронов выявляются при исследовании дифракции совершенными немагнитными кристаллами, помещенными во внешнее постоянное однородное магнитное поле (В.Г.Барышевский. - Письма в ЖЭТФ, 1981, т.33, вып.1, с.78). При нахождении волновой функции $\Psi(\vec{r})$ нейтронов $\Psi(\vec{r})$, прошедших кристалл в условиях динамической дифракции, решается уравнение Шредингера для нейтронов в постоянном магнитном поле. Направив ось квантования Z вдоль магнитного поля \vec{H} и проведя фурье-преобразование данного уравнения получим две независимые системы динамических уравнений для каждой спиновой компоненты Ψ нейтронов. Каждая из этих систем имеет стандартный для динамической теории дифракции вид, что позволяет непосредственно получить выражения для Ψ и волновых векторов \vec{k} ; продифрагировавших нейтронов. В отсутствие внешнего магнитного поля дисперсионная поверхность нейтронной волны в кристалле в двухволновом приближении представляет собой двухлистную

частиц значительно превышает ширину дифракционной линии и тонкая дифракционная структура отраженного пучка не анализируется, измеряемый эффект определяется суммой вкладов всех падающих нейтронов с различными длинами волн и угловым отклонением от точных условия Брегга. В этом случае с увеличением толщины кристалла и /или напряженности магнитного поля происходит как поворот, так и смена величины поперечной компоненты вектора поляризации дифрагированного пучка нейтронов. Поворот вектора поляризации характеризуется пространственной частотой Ω , отличной от лармовской частоты прецессии Ω_L в $(1+\beta) / 2$ раз, где β - фактор асимметрии геометрии дифракции. Изменение пространственной частоты прецессии в $(1+\beta) / 2$ раз объясняется зигзагообразным характером движения нейтронов в кристалле в режиме динамической дифракции.

В конце первой главы рассмотрен случай динамической дифракции в геометрии Брегга. Для каждой спиновой компоненты нейтронного пучка в явном виде получен коэффициент дифракционного отражения. Определены условия для углового интервала отраженных нейтронов, в котором достигается полная поляризация пучка. В асимметричном случае дифракции угловой интервал дифракционного отражения с полной поляризацией уменьшается в $(1/\beta)$ раз по сравнению с симметричным случаем. Во всех рассматриваемых случаях дифракционной фокусировки, будь-то зональная фазовая пластинка Френеля или кристалл с наведенным в нем градиентом межплоскостного расстояния, наложение внешнего постоянного магнитного поля на фокусирующий элемент приводит к поляризации сфокусированного пучка нейтронов. Поляризация пучка возникает вследствие того, что при наличии магнитного поля условия фокусировки выполняются только для одной определенной спиновой компоненты падающего нейтронного пучка.

поверхность. Наличие внешнего магнитного поля приводит к расщеплению каждого листа дисперсионной поверхности. Число листов в этом случае удваивается. Это означает, что в кристалле возбуждаются четыре блоховские волны, описывающие распространение нейтронов в кристалле в условиях динамической дифракции. Четыре волновых вектора \vec{k}_1^+ , \vec{k}_2^+ , \vec{k}_1^- и \vec{k}_2^- , соответствующие этим блоховским волнам, в общем случае не будут равны друг другу. Интерференция между этими четырьмя блоховскими волнами на выходе из кристалла в случае Лауэ приводит к наличию многочастотной прецессии спина (МПС) нейтрона. Это означает, что прецессия спина нейтронов, распространяющихся через кристалл в условиях динамической дифракции, характеризуется несколькими частотами, в общем случае отличными друг от друга. Явление МПС имеет место только в случае, когда вектор дифракции $\vec{k} \neq \vec{0}$ не параллелен границе магнитного поля / I/. Интенсивность нейтронных пучков, распространяющихся за кристаллом в направлении падающего пучка и в направлении дифракции, подвержены маятниковым осцилляциям на двух пространственных частотах χ_1 и χ_2 , зависящих от спинового состояния падающего пучка частиц. При падении на кристалл неполяризованного пучка частиц надлежащим выбором напряженности внешнего магнитного поля при заданной толщине кристалла можно получить такую ситуацию, когда имеет место максимальное прохождение или полное дифракционное отражение для одной спиновой компоненты и минимальное для другой. Следовательно, при такой напряженности магнитного поля можно получить чисто или полностью поляризованные пучки нейтронов, причем направление поляризации можно задавать, изменяя направление магнитного поля.

Когда спектрально-угловое распределение падающего пучка

Так как направление поляризации сфокусированного нейтронного пучка совпадает с направлением внешнего магнитного поля, то изменением направления последнего появляется возможность получить любое направление поляризации, что не всегда возможно при других методах поляризации нейтронов.

Во второй главе рассмотрен случай дифракции нейтронов, переходящий между дифракцией по Лауэ и дифракцией по Бреггу, так называемый случай резко асимметричной дифракции. Этот случай дифракции представляет собой определенный интерес с практической точки зрения, как еще один дополнительный метод исследования поверхности кристаллов. Для решения дисперсионного уравнения, которое в данной геометрии дифракции является алгебраическим уравнением четвертой степени, использован метод, предложенный Каганером В.Н., Инденбомом В.Л., Враной И. и Чапугой Б. (*Phys. St. Sol.*, 1982, т. 50, № 10, с. 731). На основании найденных выражений для амплитуд и волновых векторов получены коэффициенты дифракционного отражения для каждой спиновой компоненты нейтронного пучка, компоненты вектора поляризации и интенсивность прошедших через кристалл частиц /2/.

В третьей главе показано, что гравитационное поле и вращение Земли оказывают заметное воздействие на прецессию спина нейтрона в магнитном поле.

На основе решения уравнения Шредингера для нейтрона в системе отсчета, связанной с поверхностью вращающейся Земли, описан эффект влияния силы тяжести и неинерциальности системы отсчета на прецессию спина нейтронов в магнитном поле /3/. Этот эффект влияния гравитационного поля проявляется в наличии разности $\Delta \mathcal{U}_{gz}$ между углом поворота спина нейтрона в случае, когда нейтрон проходит область магнитного поля снизу вверх и

когда магнитное поле нейтрон проходит сверху вниз. При энергии пучка $E_0 = 0.02$ эВ, длине пролетной базы $l = 1$ см и напряженности магнитного поля $H = 10$ кэ величина гравитационного эффекта составляет $\Delta \mathcal{U}_{gz} = 4.2 \cdot 10^{-5}$ рад. С уменьшением энергии нейтронов эффект нарастает. Так, например, для холодных нейтронов с энергией $E_0 = 10^{-5}$ эВ и остальных тех же параметрах величина эффекта достигает значения $\Delta \mathcal{U}_{gz} = 3.8$ рад.

Влияние вращения Земли на прецессию спина заключается в существовании разности $\Delta \mathcal{U}_{\omega}$ между углом поворота спина нейтрона в случае, когда нейтрон проходит область магнитного поля с запада на восток и когда магнитное поле нейтрон проходит с востока на запад. Из полученных формул следует, что разность углов поворота спина составляет величину $\Delta \mathcal{U}_{\omega} = 3.4 \cdot 10^{-7}$ рад при $E_0 = 0.02$ эВ, $l = 1$ см, $H = 10$ кэ на широте местности $\varphi = 60^\circ$. Для холодных нейтронов с энергией $E_0 = 10^{-6}$ эВ и при остальных тех же параметрах величина разности углов поворота спина достигает значения $\Delta \mathcal{U}_{\omega} = 6.8 \cdot 10^{-3}$ рад. Приведенные численные оценки ожидаемого эффекта указывает на то, что в случае холодных и ультрахолодных нейтронов величина эффекта становится заметной для его экспериментального обнаружения.

Далее рассматривается влияние дифракции на поворот спина в гравитационном поле. Вследствие медленного изменения гравитационного потенциала в локальной области кристалла, много больше по сравнению с размерами элементарной ячейки, мы вправе полагать, что градиенты волнового вектора и амплитуды нейтронной волны малы. Это обстоятельство позволяет применить квазиклассическое приближение /4/. В рамках этого приближения найдено решение уравнения Шредингера дифрагирующих в кристалле нейтронов. Используя полученные выражения для волновых амплитуд и волновых векто-

ров выписаны формулы интенсивностей и компонент векторов поляризации продифрагировавших нейтронов. Показано, что в условиях динамической дифракции нейтронов в кристалле, помещенном в постоянное магнитное поле, влияние гравитационного поля и вращения Земли усиливается на несколько порядков.

В четвертой главе рассматривается поворот спина нейтрона и спиновый дихроизм при дифракции нейтронов в кристаллах, обусловленный нарушением Р- и Т-инвариантностей.

Структурный вид амплитуд упругого рассеяния нейтронов на ядрах кристалла при наличии возможной Р- и Т-неинвариантности записан с помощью имеющих в нашем распоряжении векторных величин: \vec{b} - матрица Паули, описывающих спин нейтрона, \vec{J} - оператора спина ядра, \vec{k} - волнового вектора нейтрона до рассеяния, \vec{k}' - волнового вектора нейтрона после рассеяния. Показано, что при прохождении нейтронов через кристаллическую мишень, дифракция приводит к тому, что в показателе преломления начинают давать вклад, обусловленные рассеянием на ненулевой угол /5/. Проведен сравнительный анализ вкладов в амплитуду рассеяния, несохраняющих Р- и Т-инвариантности. Установлено, что вкладом, приводящим к вращению спина и спиновому дихроизму, может быть и спин-орбитальное рассеяние, как электромагнитное (швингеровское), так и ядерное. Процесс с участием спин-орбитального рассеяния идет без нарушения пространственной и временной инвариантностей /6, 7/.

Спин-зависимая часть амплитуды рассеяния нейтронов является величиной операторной относительно спиновых переменных. Как следствие, и система динамических уравнений описывающих дифракцию нейтронов в кристалле, является операторной. Малость рассматриваемых неинвариантных вкладов позволяет в разумном приближении рассматривать их по отдельности, независимо друг от друга. Это

дает возможность провести диагонализацию системы динамических уравнений. Коэффициент преломления нейтронной волны $\epsilon_{T(z)}$, учитывающий эффекты нарушения пространственной и временной инвариантностей в условиях дифракции на кристалле, представлен в виде суммы членов, первый из которых, самый сильный $\epsilon_{T(z)}$, описывает обычное ядерное и электромагнитное рассеяние, не нарушающие инвариантность, а остальные, слабые $\Delta\epsilon_{T(z)}$, ее нарушают. Найдены выражения для интенсивностей и компонент векторов поляризации продифрагировавших нейтронов. Показано, что поворот спина на нейтронов, продифрагировавших на тонком кристалле, определяется структурными амплитудами рассеяния как на нулевой угол, так и на угол дифракции. Найдено значение искомого эффекта, усредненное по всему дифракционному пятну. Установлено, что интегральная величина поворота спина уменьшается в $2\sqrt{2}$ раз по сравнению с эффектом поворота спина в центре дифракционного пятна.

Проведен анализ явления спинового дихроизма при дифракции нейтронов в кристаллах. Получены выражения величины дихроизма в различных условиях постановки дифракционного эксперимента. Сравнение полученных результатов показывает, что при динамической дифракции на толстых образцах появляется фактор усиления по сравнению с кинематической дифракцией, связанный с маятниковым характером изменения интенсивности продифрагировавшего пучка. Величина усиления для непоглощающих кристаллов может достигать значения одного-двух порядков. В случае дифракции получена величина дихроизма, усредненная по всему дифракционному пятну.

Дихроизм в случае динамической дифракции определяется минимумами частями структурных амплитуд рассеяния как на угол ноль, так и на угол дифракции. В то же время при кинематической дифракции дихроизм продифрагировавшей волны обусловлен только вкладом

структурой амплитуда рассеяния на ненулевой угол. Это следует из того факта, что в кинематической дифракции отсутствует интерференционное взаимодействие между дифрагирующей и проходящей волнами, за дихроизм последней, как раз и отвечает амплитуда рассеяния на угол ноль. Следовательно, эксперимент по выделению вклада в дихроизм, обусловленный только рассеянием на ненулевой угол, целесообразно проводить в условиях кинематической дифракции.

В качестве эффекта, в котором наблюдается нарушение временной инвариантности рассмотрен поворот плоскости поляризации дифрагирующего в кристалле нейтронного пучка вследствие наличия у нейтрона электрического дипольного момента (ЭДМ) /8/. Ожидаемое вращение плоскости поляризации будет происходить вокруг вектора дифракции $2\pi\vec{z}$. Из полученных формул следует, что в симметричном случае дифракции Лауэ нейтронного пучка с длиной волны 2λ на семействе кристаллографических плоскостей (210) кристалла кварца толщиной 10 см спин продифрагировавших нейтронов повернется вокруг вектора дифракции $2\pi\vec{z}$ на угол $\sim 10^{-8}$ рад при условии, что ЭДМ нейтрона равен 10^{-28} е.см.

Проведено рассмотрение вклада спин-орбитального взаимодействия при рассеянии нейтронов в условиях динамической дифракции. Показано, что в нецентросимметричных кристаллах возникает интерференция между амплитудами ядерного и спин-орбитального рассеяний. Это приводит к зависимости показателя преломления дифрагирующих в кристалле нейтронов от взаимной ориентации спина и нормали к плоскости дифракции. В результате в случае немонотонного кристалла с нецентросимметричной структурой решетки имеет место явление вращения спина и спинового дихроизма дифрагирующих нейтронов. Вращение вектора поляризации падающего пучка частиц происходит вокруг нормали к плоскости дифракции. Компоненты падающего пучка,

поляризованные по и против нормали к плоскости дифракции, преобладают осцилляции на двух различных пространственных частотах. Указанные осцилляции не пропадают при усреднении по всему дифракционному пику. Проведены оценки ожидаемого эффекта. Постановка подобного рода дифракционных нейтронно-оптических экспериментов на неполяризованных мишенях позволит получать характеристики ядерных потенциалов конкретных ядер, особенно их поведение вблизи низколежащих S - и P -резонансов, где ожидается значительное усиление амплитуды спин-орбитального рассеяния.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Дана теория поляризационных явлений при динамической дифракции нейтронов в немагнитном кристалле при наличии внешнего магнитного поля как в случае Лауэ, так и в случае Брэгга. Проведен подробный анализ явления многочастотной прецессии спина нейтрона в немагнитном неполяризованном кристалле.

2. Описан эффект влияния гравитационного поля и вращения Земли на прецессию спина в магнитном поле. В условиях динамической дифракции величина эффекта значительно возрастает. Сравнение достигнутой точности измерения угла поворота спина нейтрона с величиной предсказанного эффекта указывает на реальную возможность его обнаружения имеющимися техническими средствами.

3. При прохождении нейтронов через кристаллическую мишень дифракция приводит к тому, что величина угла поворота спина и дихроизм зависят и от вкладов, обусловленных рассеянием на ненулевой угол. Как следствие, возникает несколько новых P - и T -неинвариантных вкладов в поворот спина и дихроизм. В случае нецентросимметричного кристалла учет спин-орбитального рассеяния приводит к прецессии, значительно превосходящей по величине ожидаемый нечетный поворот. Поэтому, при проведении подобного рода

симметричных экспериментов по изучению нечетных эффектов при дифракции, необходимо выбирать кристалл, обладающий центром симметрии, а также учитывать влияние гравитационного поля и вращения Земли.

4. Вследствие интерференции ядерной амплитуды рассеяния и амплитуды спин-орбитального рассеяния при дифракции в центре симметричном кристалле появляется возможность постановки спин-зависимых нейтронно-оптических экспериментов на мшнях с неполяризованными ядрами. Исследование подобного рода эффектов позволит получать характеристики ядерных потенциалов конкретных ядер, особенно их поведение вблизи низколежащих S - и P -резонансов, где ожидается значительное усиление амплитуды спин-орбитального рассеяния.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. *Vayshvskii V.G., Cherepitsa S.V. Spin precession of neutrons in nonmagnetic single crystals. — Phys. Lett., 1982, v. A90, No. 5, p. 267-270.*
2. Барышевский В.Г., Черепица С.В. Резко асимметричный случай дифракции нейтронов в присутствии внешнего магнитного поля. — Вест. Белорусского ун-та, Сер. I, физ. мат. и мех., 1986, № 3, с. 12-15.
3. Барышевский В.Г., Черепица С.В. Влияние гравитационного поля Земли на прецессию спина нейтрона. — Вест. Белорусского ун-та, Сер. I, физ. мат. и мех., 1984, № 2, с. 21-25.
4. *Vayshvskii V.G., Cherepitsa S.V. Effect of gravity and the Earth's rotation on the spin precession of neutrons. — Class. Quantum Gravity, 1986, v. 4, p. 713-724.*

5. Барышевский В.Г., Черепица С.В. P - и T -неинвариантные процессы при дифракции нейтронов в кристаллах. — Вест. Белорусского ун-та, Сер. I, физ. мат. и мех., 1986, № I, с. 3-6.

6. Барышевский В.Г., Черепица С.В. Явление прецессии спина нейтронов и спиновый дихроизм немагнитных неполяризованных кристаллов. — Известия АН БССР, Сер. физ.-мат. наук, 1985, № 3, с. 116-118.

7. *Vayshvskii V.G., Cherepitsa S.V. Neutron spin precession and spin dichroism of nonmagnetic single crystals. — Phys. St. Sov., 1985, v. B128, No. 2, p. 379-387.*

8. Барышевский В.Г., Черепица С.В. Поворот спина нейтрона в немагнитном неполяризованном кристалле, обусловленный наличием у нейтрона электрического дипольного момента. — Изв. вузов, Физика, 1985, № 8, с. 110-112.

Сергей Вячеславович Черепица
Вращение спина и дихроизм при
дифракции нейтронов в кристаллах
Специальность 01.04.02 - теоре-
тическая и математическая физика
Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата физико-
математических наук

АТ № 16 88/11, Формат 60x84 1/16

Подписано в печати 18.12.87 г.

Бум. писм. № 1. Объем 1,0 п.л.

Об уч.-изд. 1.

Тираж 100 экз.

З. № 62/11/1

Бесплатно

Отпечатано в ППП БелНИИТИ
220576 г. Минск пр. Машерова, 23