

- 1.1 Исследование каналов возбуждения и распада аномально низколежащего изомерного уровня $3/2^+(3.5 \pm 1.0 \text{ эВ})$ ядра Th-229.
- 1.2 1.100
- 1.3 24
- 1.4 июл-96
- 1.5 5
- 1.6 60.000
- 1.7 Поставленными ниже подписями подтверждается, что содержащаяся в данной заявке информация является правильной и точно отражает информацию, полученную от всех участников проекта. Все участники проекта принимали участие в подготовке этой заявки и согласны с ней.

Заявка содержит 10 страниц.

Координатор проекта

Ромейн Коуссемент

Декабрь 8, 1995

Руководитель проекта с российской стороны

Ткаля Евгений Викторович

Декабрь 8, 1995

2.1 CO
2.2 1
2.3 проф.
2.4 дир.
2.5 M
2.6 Ромейн
2.7
2.8 Коуссемент
2.9.1 Институт Ядерной и Радиационной Физики Католического Университета г. Леувен
2.9.2
2.9.3
2.10
2.11 Celesrijnenlaan 200 D
2.12
2.13 B-3001
2.14 Леувен
2.15 BE
2.16 +32-16-327260
2.17 +32-16-327985
2.18 romain.coussement@iks.kuleuven.ac.be
2.19 2
2.20 9,000
2.21 0
2.22 0
2.23 4,000
2.24 0
2.25 5,000
2.26 0

2.1 PI
2.2 2
2.3 дфмн
2.4 рук. лаб.
2.5 M
2.6 Евгений
2.7 Викторович
2.8 Ткаля
2.9.1 Институт проблем безопасного развития атомной энергетики
2.9.2 Отдел радиационной безопасности
2.9.3 Лаборатория теории радиационных процессов
2.10 РАН
2.11 Большая Тульская 52
2.12
2.13 113191
2.14 Москва
2.15 RU
2.16 +7-095-9552888
2.17 +7-095-2302029
2.18 pbl@ibrae.msk.su, Subject: Tkalya
2.19 2
2.20 16,000
2.21 8,000
2.22 0
2.23 8,000
2.24 0
2.25 0
2.26 0

2.1 CR
2.2 3
2.3 проф.
2.4 снс
2.5 М
2.6 Джованни
2.7
2.8 Принципи
2.9.1 Университет г. Падуя
2.9.2 Факультет инженерной механики
2.9.3 Сектор материаловедения
2.10
2.11 Via Marzolo 9
2.12
2.13 35131
2.14 Падуя
2.15 IT
2.16 +39-49-8275513
2.17 +39-49-8275510
2.18 PRINCIPI@IPDUNIVX.UNIPD.IT
2.19 2
2.20 9,000
2.21 0
2.22 0
2.23 4,000
2.24 0
2.25 5,000
2.26 0

2.1 CR
2.2 4
2.3 дфмн
2.4 проф.
2.5 М
2.6 Александр
2.7 Михайлович
2.8 Дыхне
2.9.1 Московский физико-технический институт
2.9.2 Факультет физических проблем энергетики
2.9.3 Кафедра прикладной физики
2.10 Госкомвуз
2.11 Институтский переулок 9
2.12
2.13 141700
2.14 Долгопрудный, Московской области
2.15 RU
2.16 +7-095-3332155
2.17 +7-095-3332155
2.18
2.19 2
2.20 16,000
2.21 8,000
2.22 0
2.23 6,000
2.24 2,000
2.25 0
2.26 0

2.1 CR
2.2 4
2.3 кфмн
2.4 рук. лаб.
2.5 М
2.6 Валерий
2.7 Викторович
2.8 Ломоносов
2.9.1 Институт общей ядерной физики РНЦ "Курчатовский институт"
2.9.2 Отдел ядерной физики и радиохимии
2.9.3 Лаборатория коллективных взаимодействий
2.10
2.11 Площадь Курчатова 1
2.12
2.13 123182
2.14 Москва
2.15 RU
2.16 +7-095-1969339
2.17 +7-095-8825804
2.18 vvl@iae.msk.su
2.19 2
2.20 16,000
2.21 8,000
2.22 0
2.23 6,000
2.24 0
2.25 2,000
2.26 0

3.1 Название проекта.

Исследование каналов возбуждения и распада аномально низколежащего изомерного уровня $3/2+(3.5\pm 1.0 \text{ эВ})$ ядра Th-229.

3.2 Цели проекта и обзор современного состояния.

Основными целями проекта являются всестороннее исследование аномально низколежащего изомерного уровня с энергией $3.5\pm 1.0 \text{ эВ}$ в ядре Th-229 и ряда уникальных, до настоящего времени неизученных явлений и процессов, тесно связанных с существованием указанного изомера.

Среди них наиболее важными являются следующие:

1. Возбуждение низколежащего с энергией $3.5\pm 1.0 \text{ эВ}$ ядерного уровня в тории-229 поверхностными плазмонами и лазерным излучением, включая процесс возбуждения через атомную оболочку по механизму обратного электронного мостика.
2. Исследование каналов распада низколежащего изомерного состояния: прямого ядерного излучения в оптическом диапазоне и электронного мостика — процесса третьего порядка. Уточнение величины энергии и определение периода полураспада уровня.
3. Разработка на базе полученных результатов нового прецизионного метода измерения тонких эффектов в электрон-ядерном и фонон-ядерном взаимодействии и влияния химического окружения на атомы.
4. Получение и исследование когерентного гамма-излучения в оптическом диапазоне. Создание "ядерного" источника света с эталонно-узкой линией.
5. Мессбауэровская спектроскопия в оптическом диапазоне.

Новые экспериментальные данные полученные в Национальной инженерной лаборатории в Айдахо (США) в 1989—1993 годах, определенно свидетельствуют, что в ядре Th-229 уровень $3/2+$, являющийся основанием ротационной полосы $3/2[631]$, имеет "оптическую" энергию $3.5\pm 1.0 \text{ эВ}$. Однако, изомерный ядерный M1-переход между этим уровнем и основным состоянием $5/2+$ не наблюдался из-за слабого заселения изомерного уровня в гамма-переходах с вышележащих состояний Th-229, заселяющихся при альфа-распаде U-233. Поэтому ни время жизни низколежащего изомера, ни его каналы распада до сих пор не определены.

В настоящей работе предлагается принципиально иной подход к исследованию всего комплекса проблем, связанных с аномально низко лежащим уровнем в Th-229. Для реализации представленной программы впервые будет осуществлено возбуждение большого числа изомерных ядер Th-229 лазерным излучением и поверхностными плазмонами по механизму обратного электронного мостика. Такой процесс возбуждения ядер, не "напрямую", а через атомную оболочку, играющую роль своеобразного электронного моста между падающим излучением и ядром, способен обеспечить высокую эффективность возбуждения ядер Th-229m, несмотря на значительный диапазон неопределенности в 2 эВ на величину энергии изомерного уровня.

Предлагаемый проект в настоящее время не имеет аналогов по целому ряду параметров. Для ядерной физики наиболее важными представляются наблюдение распада изомера через электронный мостик, процесс третьего порядка, существование которого не имеет пока экспериментального подтверждения, и определение свойств запрещенного по асимптотическим квантовым числам M1-перехода между двумя ротационными полосами. Для оптики и лазерной физики огромный интерес имеет собственно процесс возбуждения ядерного уровня лазерным излучением и создание инверсной заселенности. Перспективы здесь открываются серьезные.

Достаточно указать лазер на ядерном переходе в оптическом диапазоне и ядерный источник света с эталонно-узкой линией. Для физики поверхности несомненную важность представляет изучение взаимодействия ядер с поверхностными плазмонами (электромагнитными волнами, распространяющимися в вакууме у границы раздела с поверхностно-активной средой). Для физики твердого тела — мессбауэровская спектроскопия в оптическом диапазоне и возможность использования изомера Th-229m в качестве исключительно чувствительного зонда для изучения химического окружения, фонон- и электрон-ядерного взаимодействия, и других тонких эффектов.

Все это делает проект интересным для физики в целом. Выполненные в течение последних пяти лет теоретические расчеты показывают, что решение указанных проблем является сложной, но реальной задачей. Для этого потребуется участие в работе следующих коллективов и институтов.

С российской стороны:

1. Московский физико-технический институт (МФТИ). Коллектив, возглавляемый академиком РАН А.М. Дыхне. Этот коллектив проводит теоретические и экспериментальные исследования по взаимодействию лазерного излучения с веществом. Участвует в работах по возбуждению изомера тория-229 поверхностными плазмонами. Обладает хорошей экспериментальной базой.
2. Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (ИБРАЭ РАН). Коллектив, возглавляемый д.ф.-м.н. Е.В.Ткаля. Этим коллективом на протяжении последних 5 лет были выполнены теоретические исследования, положенные в основу настоящего проекта: определены каналы распада в зависимости от величины энергии изомера, сделаны оценки на времена жизни, выполнены расчеты сечений резонансного возбуждения ядерного уровня Th-229 оптическими фотонами и поверхностными плазмонами. В настоящее время этот коллектив участвует в экспериментальных исследованиях по возбуждению изомера тория лазерным излучением.
3. Институт общей ядерной физики Российского научного центра "Курчатовский институт". Коллектив возглавляемый к.ф.-м.н. В.В.Ломоносовым. Коллектив проводит в настоящее время эксперименты по возбуждению изомера тория лазерным излучением. Имеет большой опыт теоретических и экспериментальных исследований поверхностных плазмонов и свойств мессбауэровского излучения. Обладает необходимым оборудованием для работы с радиоактивными веществами, включая радиохимию.

От государств-членов ИНТАС:

1. Институт ядерной и радиационной физики католического университета, г. Леувен, Бельгия. Коллектив, возглавляемый профессором Р.Коуссементом. Данный институт располагает новым уникальным комплексом экспериментального оборудования для получения и исследования свойств радиоактивных элементов. Здесь предполагается проведение части экспериментальных исследований по возбуждению изомера тория-229 поверхностными плазмонами.
2. Университет г. Падуа, Италия. Факультет инженерной механики, сектор материалов. Коллектив, возглавляемый профессором Дж.Принсипи. Коллектив занимается исследованием свойств поверхностей и твердых тел методами ядерной физики. Обладает опытом и необходимым оборудованием для создания высококачественных мишеней из сверхчистых материалов. Здесь будут изготавливаться мишени с Th-229 на тонких пленках и металлических подложках.

3.3 Научное и техническое описание.

3.3.1 Направления исследований.

Проведенные теоретические расчеты и предварительные эксперименты показывают, что определить неизвестные характеристики низлежащего изомерного уровня ядра Th-229, а именно, величину энергии, период полураспада, каналы распада и т.д. традиционными методами ядерной спектроскопии (измерение гамма-спектра Th-229, сопровождающего альфа-распад U-233) невозможно: не хватает разрешающей силы детектирующей аппаратуры, исчерпаны возможности статистического анализа результатов многолетних спектрометрических измерений.

В этой ситуации наиболее естественным представляется другой подход, а именно, возбуждение большого числа изомерных ядер Th-229 из основного состояния, с последующим измерением характеристик распада изомерного уровня при большом отношении сигнал/шум. Тот факт, что энергия изомера находится в оптическом диапазоне — от 2.5 до 4.5 эВ, позволяет использовать для этих целей лазер с соответствующей длиной волны, либо поверхностные плазмоны нужной энергии. (Поверхностные плазмоны — это электромагнитные волны, распространяющиеся на границе раздела сред, например, вакуума и проводника).

Большая неопределенность в величине энергии изомера (2 эВ — это очень много для оптического диапазона) делает бессмысленными попытки в первых же экспериментах осуществить прямое фотовозбуждение ядра. Чтобы пройти имеющийся диапазон неопределенности узкой лазерной линией, облучая мишень на каждом шаге хотя бы в течение 100 с, понадобится несколько лет. Поэтому, здесь предлагается другая схема — возбуждение ядерного изомера фотонами или плазмонами через атомную оболочку, играющую роль электронного мостика. Наличие значительного, в несколько сотен, числа возбужденных атомных состояний с относительно

большими (по сравнению с ядерными) радиационными ширинами должно, как показывают расчеты, существенно облегчить процесс возбуждения. В этом случае атом под действием излучения перестраиваемого лазера виртуально переходит на заданное возбужденное состояние, которое затем в одном из своих парциальных каналов распада передает часть энергии возбуждения с атомной оболочки на ядро. Процесс получил название "обратный электронный мостик" (ОЭМ). Из-за очень малых энергий, сечение этого процесса третьего порядка при определенных условиях может стать значительно больше сечения процесса первого порядка — прямого фотовозбуждения (что, отметим, является достаточно типичным случаем для ядерной спектроскопии). Поэтому реализовать резонансное возбуждения ядра через систему возбужденных атомных состояний гораздо легче, чем "напрямую". Эти свойства электронного мостика и будут использованы в первых экспериментах. Теоретические расчеты показывают, что даже при относительно большой расстройке между энергиями ядерного и "второго" атомного переходов на уровне 0.1 эВ (большее значение брать нет смысла, учитывая высокую плотность возбужденных состояний в атоме тория), сечение резонансного возбуждения изомера составляет около 10^{-21} — 10^{-22} см². Соответственно, лазер мощностью 100 мВт с обычной шириной линии в 10^{-5} — 10^{-6} эВ при облучении мишени диаметром 1 мм содержащей 1 мкг Th-229 (примерно $3 \cdot 10^{15}$ ядер) будет "производить" около 10^{12} изомеров в секунду. При такой скорости возбуждения за относительно короткие времена будут набираться достаточные количества изомерных ядер для надежного наблюдения процесса распада даже при больших временах жизни низколежащего изомера тория-229.

Схема "лазерного" эксперимента выглядит следующим образом. Имплантированные в прозрачную матрицу атомы тория с изотопом Th-229 облучаются светом лазера, который поочередно настраивается на хорошо известные длины волн атомных переходов в тории. При настройке на один из таких переходов начнется резонансное возбуждение изомеров тория, но, конечно, с гораздо меньшим сечением, чем сечение резонансного возбуждения ядра. (Здесь сыграет роль малость вносимая всегда появляющимся в таких случаях множителем — квадратом отношения ширины лазерной линии к упоминавшейся выше величине расстройки между энергиями ядерного и второго атомного переходов.)

В самом неблагоприятном случае сечение уменьшится на 8-9 порядков, и минимальная скорость возбуждения составит 10^3 — 10^4 ядер/с. После обнаружения слабого сигнала, свидетельствующего о распаде изомеров, необходимо провести сканирование вокруг этой линии, постепенно отстраиваясь все дальше и дальше от атомного перехода. В течение нескольких "шагов" это будет приводить к росту скорости возбуждения ядер. Пик скорости возбуждения будет соответствовать резонансной настройке лазерного излучения на ядерный переход через систему атомных уровней. Это позволит сразу определить энергию изомера по известным энергиям атомных состояний и лазерных фотонов.

Эксперимент с поверхностными плазмонами выглядит несколько проще. Существуют эффективные способы генерации поверхностных плазмонов на границе металл-вакуум электронным пучком или лазерным излучением. При этом возможна генерация плазмонов в том числе видимого и ультрафиолетового диапазонов. В указанной области энергий при работе с лазерным лучом обычно применяются либо метод нарушенного полного внутреннего отражения в геометрии Кречманна, либо схема решетчатого преобразования объемного излучения в поверхностную электромагнитную волну. Учитывая, однако, величину диапазона неопределенности в энергии ядерного перехода, а также имеющуюся аппаратуру и экспериментальное оборудование, в первых экспериментах для генерации поверхностных плазмонов целесообразнее использовать электронный пучок. При этом нужный спектр поверхностных плазмонов с общей огибающей шириной масштаба электронвольта вокруг центральной частоты 3.5 эВ легко получается с помощью соответствующим образом сфомированного электронного пучка с нужным разбросом электронов по энергиям. Расчет показывает, что процесс возбуждения по механизму ОЭМ имеет здесь сечение порядка 10^{-25} — 10^{-26} см². Так как плазмоны с энергиями около 3-4 эВ имеют длину пробега порядка 10^{-3} см и распространяются в вакууме (в воздухе) в тонком приповерхностном слое толщиной 10^{-5} см, то эффективная плотность потока поверхностных плазмонов оказывается на два порядка выше плотности потока электронов, облучающих мишень. В результате, для мишени, содержащей те же $3 \cdot 10^{15}$ ядер Th-229 на подложке из серебра или алюминия при токе электронов 100 мкА скорость возбуждения превысит 10^{11} ядер/с.

Наиболее вероятными каналами распада изомера Th-229 в зависимости от величины энергии уровня являются либо прямое ядерное излучение в оптическом диапазоне с временем жизни часы и более, либо электронный мостик с вероятным временем жизни секунды и более. В диапазоне от 2.5 эВ до 4.5 эВ в нейтральном атоме тория ожидаемое время жизни находится примерно между 10 секундами и двумя сутками. Ориентируясь на эти предварительные значения, время облучения следует брать порядка 100 с. Этого достаточно, чтобы активность распадающихся изомерных ядер тория превысила $10^7 - 10^8$ Бк.

Детектированию подлежат оптические фотоны от прямого ядерного излучения и пары фотонов при распаде через электронный мостик. Сумма энергий двух "мягких" фотонов от электронного мостика всегда равна энергии более "жестких" фотонов от прямого ядерного излучения.

Отстраиваться от фона, создаваемого тормозящимися в веществе мишени альфа-частицами (Th-229 альфа-активен с периодом полураспада 7880 лет) предполагается предварительно уже апробированными на мишенях из тория стандартными методами совпадений. На мишени с поверхностным размещением ядер тория-229 — методом фотон-альфа совпадений. На мишени из прозрачной матрицы с имплантированными ядрами тория — методом фотон-гамма совпадений (альфа-распад тория-229 сопровождается гамма-излучением и характеристическим рентгеновским излучением).

Описанный выше способ получения большого количества изомеров позволяет использовать методы мессбауэровской спектроскопии на оптическом переходе тория-229 для исследования структуры твердых тел. Устранять характерное уширение линии излучения вследствие взаимодействия ядра и атома с химическим окружением предполагается одним из стандартных способов: вмораживать атомы тория в матрицу из инертного газа, помещая их в лазерную ловушку, или "растворяя" в жидком гелии-4.

Создание инверсной населенности в системе изомерных ядер тория-229 позволяет исследовать и процесс когерентного излучения ядрами. Электронный мостик в тории происходит через возбужденные состояния валентных электронов атома. Поэтому, меняя химические соединения атома тория с изомерными ядрами Th-229m можно легко влиять на парциальную ширину распада через электронный мостик, в том числе и в сторону ее уменьшения (так, например, в металле, где часть валентных электронов обобществлена, вероятность распада через электронный мостик будет близка к нулю). Добившись, чтобы эта ширина упала до значений сравнимых или меньших парциальной ширины гамма-излучения можно искать усиление излучения в образце специальной геометрической формы.

Настоящий проект базируется на научных результатах опубликованных в следующих работах:

1. Е.В.Ткаля. Сечение возбуждения низколежащего (<5 эВ) изомера Th-229 лазерным излучением по механизму обратного электронного моста. // ЯФ 55 (1992) 2881.
2. Е.В.Ткаля. Возбуждение низколежащего изомерного уровня ядра Th-229 оптическими фотонами. // Письма в ЖЭТФ 54 (1992) 216.
3. В.Ф.Стрижов, Е.В.Ткаля. Каналы распада низколежащего изомерного состояния ядра Th-229. Возможности экспериментальных исследований. // ЖЭТФ 99 (1991) 697.
4. E.V.Tkalya. Nuclear Excitation in Atomic Transitions (NEET Process Analysis). // Nucl.Phys.A539 (1992) 209.
5. В.В.Ломоносов, М.Ю.Талантов. Эмиссионное излучение системой идентичных возбужденных трехуровневых излучателей. // ЖЭТФ 105 (1994) 271.
6. E.V.Tkalya, V.O.Varlamon, V.V.Lomonosov et al. Processes of the Nuclear Isomer Th-229m(3/2+, 3.5±1.0 eV) Resonant Excitation by Optical Photons. // Phys.Scr. 52 (1995) N6.
7. G.Neyens, I.Van Asbroeck and R.Coussement. Static quadrupole moment of high-spin isomers in the doubly-odd 214 Fr nucleus. // Phys.Rev.C51 (1995) 3483.
8. R.Coussement, G.Neyens, M.Van Den Bergh et al. Amplification of gamma-radiation with hidden inversion. // Laser Physics 5 (1995) 292.
9. R.Coussement, G.Neyens, M.Vam Den Bergh et al. Resonant emission without absorption. // Hyperfine Interactions 95 (1995) 13.

10. G.Neyens, R.Nouwen, R.Coussement et al. The static quadrupole moment of high-spin isomers in ^{210}Rn , ^{211}Rn and ^{214}Fr measured with LEMS. // Proc.Int.Conf. on Nuclear Shapes and Nuclear Structure at Low Excitation Energies (ed. M. Vergnes et al) Frontiers p. 221 (1995)
11. G.Neyens, R.Coussement, S.Michiels et al. Quantum Interferences in Moessbauer Transitions? // Proc.Int. Conf. on the Applications of the Moessbauer Effect, p. 12.31. Italy, 1995.
12. G.Neyens and R.Coussement. Quantum Optics With Nuclear Gamma-Radiation. // Proc.Int.Conf. on the Application of the Moessbauer Effect, p.13.1. Italy 1995.

3.3.2 Научные результаты.

Результаты исследований будут представлены в виде статей в научных журналах и докладов на международных научных конференциях.

3.4 Управленческая информация.

3.4.1 Распределение заданий.

Коллектив, возглавляемый профессором Р.Коуссементом (Институт ядерной и радиационной физики, Леувен, Бельгия), готовит экспериментальное оборудование и участвует в проведении экспериментов по возбуждению изомера тория-229 поверхностными плазмонами. Генерация плазмонов осуществляется электронным пучком. Исследует эффект Мессбауэра в оптическом диапазоне на ядерном переходе в Th-229.

Коллектив, возглавляемый профессором Дж.Принсипи (Университет г. Падуа, Италия), изготавливает ториевые мишени на тонких пленках и на поверхностно-активных средах. Осуществляет контроль качества мишеней. Изготавливает мишень на основе оптически прозрачной матрицы.

Коллектив, возглавляемый академиком РАН А.М.Дыхне (Московский физико-технический институт, Россия), проводит теоретические и экспериментальные исследования по возбуждению изомера тория-229 лазерным излучением и поверхностными плазмонами (генерация плазмонов осуществляется лазерным излучением). Занимается решением теоретических и экспериментальных проблем по созданию ядерного источника света с эталонной линией и получением когерентного ядерного излучения на базе Th-229.

Коллектив, возглавляемый д.ф.-м.н. Е.В.Ткаля (Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН), проводит теоретические исследования проблем возбуждения изомера тория лазерным излучением и поверхностными плазмонами, занимается изучением каналов распада изомерного уровня. Осуществляет теоретическое сопровождение всех работ осуществляемых по проекту, анализом и обработкой экспериментальных данных.

Коллектив, возглавляемый к.ф.-м.н. В.В.Ломоносовым (РНЦ "Курчатовский институт"), проводит экспериментальные и теоретические разработки методов исследования свойств химического окружения с помощью изомера тория-229, имплантированного в твердое тело или поверхность. Занимается экспериментальными исследованиями уменьшения оптического фона, создаваемого тормозящимися в веществе мишени альфа-частицами. Исследует возбуждение изомера перестраиваемым лазером.

3.4.2 Планирование.

3 квартал 1996 г.

Закупка тория-229 и химических реактивов. Изготовление первых мишеней на металлической подложке и прозрачной матрице. Начало измерений фоновых характеристик мишеней. Подготовка экспериментального оборудования для генерации поверхностных плазмонов. Начало теоретических исследований по проблеме гамма-лазера в оптическом диапазоне.

4 квартал 1996 г.

Определение динамики фонов мишеней на металлических подложках и прозрачной матрице. Разработка и опробование методов устранения фонов. Подбор лазерных излучателей и доведение их характеристик до нужных кондиций. Снятие атомных спектроскопических характеристик химических соединений тория.

1—2 кварталы 1997 г.

Экспериментальные исследования возбуждения изомерного состояния тория-229 поверхностными плазмонами. Определение каналов распада, времени жизни и энергии изомера.

2—3 кварталы 1997 г.

Экспериментальные исследования возбуждения изомерного состояния тория-229 лазерным излучением. Накачка системы изомерных ядер.

4 квартал 1997 г.

Теоретические и экспериментальные исследования эффекта Мессбауэра в оптическом диапазоне в изомерном переходе в Th-229.

1—2 кварталы 1998 г.

Изучение когерентного гамма-излучения изомерных ядер Th-229m в оптическом диапазоне. Разработка метода определения свойств химического окружения по фотонному спектру распада Th-229m через электронный мостик.

3.4.3 Оборудование.

Коллективы обладают всем необходимым для выполнения проекта оборудованием.

Часть средств будет потрачена на закупку сверхчистых химических реактивов и тория-229 для изготовления мишеней.

4.1 Полное название проекта.

Исследование каналов возбуждения и распада аномально низколежащего изомерного уровня $3/2+(3.5\pm 1.0 \text{ эВ})$ ядра Th-229.

4.2 Текст аннотации.

Настоящий проект направлен как на всестороннее изучение собственно супераномалии — низколежащего изомерного уровня $3/2+(3.5\pm 1.0 \text{ эВ})$ в ядре Th-229, так и на исследование ряда фундаментальных физических процессов, тесно связанных с существованием указанного уровня. При работе над проектом будут определены свойства ядерного перехода и изучены каналы распада изомера — прямое ядерное излучение в оптическом диапазоне и процесс третьего порядка "электронный мостик". Измерения будут выполняться при большом отношении сигнала к шуму. Для этого предполагается осуществить возбуждение большого числа ядер Th-229 на изомерное состояние лазерным излучением и поверхностными плазмонами по механизму обратного электронного мостика (ОЭМ). Процесс ОЭМ, в котором атомная оболочка играет роль своеобразного электронного моста между падающим излучением и ядром, обеспечивает резонансное возбуждение ядер даже при наличии расстройки между энергиями фотонов (поверхностных плазмонов) и энергией ядерного перехода.

После уточнения величины энергии изомера станет возможной точная настройка излучения на энергию ядерного перехода либо через систему атомных уровней, либо напрямую. Это обеспечит высокоэффективное возбуждение, или "накачку" изомеров и создание инверсной заселенности в системе изомерных ядер. Предполагается создание специальных мишеней на базе оптически прозрачных матриц для исследования когерентного ядерного излучения и разработки лазера на ядерном переходе в Th-229 в оптическом диапазоне. Th-229m может быть использован в качестве сверхчувствительного зонда для исследования свойств поверхностей и твердых тел. Имплантированные в различные образцы изомерные ядра тория-229 в процессе распада по электронному мостику будут излучать фотоны, спектр которых чувствителен к химическому окружению и тонким эффектам в электрон-ядерном и фонон-ядерном взаимодействии.

Все полученные результаты будут представлены в виде публикаций в научных журналах и направлены на международные конференции.