

Фотоиндуцированные столкновения ультрахолодных атомов тулия.

В.С.Бушмакин^{1,2}, И.С.Кожокару^{1,2}, С.Пятченков¹, С.Снигирев¹, И.Лучников^{1,2}, Е.С.Калганова^{1,4},
Г.Вишнякова^{1,4}, Д.Н.Кубликова^{1,2}, Э.Давлетов^{1,2}, В.Цыганок^{1,2}, О. Беляева¹, А.Хорошилов¹,
Д.Д.Сукачев^{1,4,5}, В.Н.Сорокин^{1,4}, А.В.Акимов^{1,3,4}

¹RQC, Москва

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

³Texas A&M University, США, Техас

⁴Физический институт имени П. Н. Лебедева РАН

⁵Harvard University, Physics Department, Кембридж, США

e-mail: vladislav.bushmakin@phystech.edu

Построение квантовых симуляторов является перспективным подходом к изучению свойств сложных квантовых систем, симуляция которых на классическом компьютере представляет собой неразрешимую задачу. Идея квантового симулятора заключается в построении контролируемой квантовой механической системы, функция Гамильтона которой имитирует гамильтониан изучаемой системы. Таким образом, квантовый симулятор позволяет наблюдать за динамикой системы и ее откликом на изменение параметров системы, не решая квантово-механических уравнений. Таким симулятором могут служить ультрахолодные атомы, находящиеся в оптической решетке. Квантовые симуляторы являются не только важным инструментом для изучения материалов, но и открывают возможности для изобретения квантовых материалов с новыми свойствами.

Для построения квантового симулятора необходимо достижение ультранизких температур (Бозе-Эйнштейновской конденсации) и реализация контролируемого взаимодействия между атомами. Достижение первого условия требует лазерного охлаждения большого количества атомов до как можно более низких температур. Действительно, конденсация атомов в одно минимально возможное квантовое состояние возможна только при большой фазовой плотности. Тем самым необходима как большая пространственная плотность атомов, так и их низкая температура. Достижение же предельно низких температур осуществляется за счет испарительного охлаждения – снижения температуры ансамбля атомов путем потери наиболее быстрых атомов с последующей термализацией. Второе условие может быть достигнуто за счет использования так называемых резонансов Фешбаха. Эти резонансы возникают тогда, когда энергия связанного состояния в межатомном потенциале сравнивается с кинетической энергией сталкивающихся атомов.

В настоящее время нашей группой ведется работа по реализации квантового симулятора на основе стабильного изотопа атома тулия. Данный редкоземельный атом, относящийся к лантаноидам, обладает относительно большим магнитным моментом в основном состоянии, благодаря наличию свободной вакансии на f оболочке, находящейся под заполненной s оболочкой. Это преимущество делает атом тулия удобным инструментом для моделирования диполь-дипольных взаимодействий и приводит к наличию Фешбаховских резонансов в небольшом магнитном поле, которые можно использовать для контроля взаимодействия атомов. Благодаря наличию узкого оптического перехода (530.7 нм) и большого магнитного момента атом тулия является выгодным кандидатом для данного эксперимента.

В данной работе обсуждается перегрузка большого числа атомов тулия из Зеемановского замедлителя в магнитооптическую ловушку в узком оптическом переходе. Проведено исследование столкновительных свойств атома тулия вблизи охлаждающего перехода, обсуждается влияние столкновений на число загружаемых атомов. Представлены экспериментальные результаты по измерению резонансов Фешбаха в атомах тулия.

Литература

1. Reviews of modern physics, Volume 86, January-March, 2014
2. Applied Physics B, Volume 89, Issue 4, pp. 589-594, December 2007