

## Физика ультрахолодных атомов в России: актуальные исследования

И.И.Рябцев, Н.Н.Колачевский, А.В.Тайченачев

За последнее десятилетие как за рубежом, так и в России достигнуты значительные успехи в лазерном охлаждении и захвате атомов и ионов. Наибольшее распространение получили схемы с магнитооптическими и оптическими ловушками для нейтральных атомов и с радиочастотными ловушками для ионов, позволяющие достичь температур поступательного движения атомов и ионов ниже 100 мК. Использование ультрахолодных атомов и ионов, захваченных в ловушки, открывает новые возможности для разнообразных фундаментальных и прикладных исследований в области атомной спектроскопии благодаря отсутствию пролетного и доплеровского уширений и пространственной локализации атомов и ионов в малом объеме. Например, в случае холодных атомов время взаимодействия с зондирующим пробным излучением определяется временем жизни атома в ловушке, которое достигает десятков секунд. При малой плотности атомов ширины некоторых оптических резонансов в атомах могут оказаться меньше долей герца, что позволяет вести речь о создании атомных стандартов частоты нового поколения с относительной неопределенностью менее  $10^{-18}$ . В то же время при большой плотности атомов резонансы должны испытывать уширения и сдвиги вследствие столкновений и межатомных взаимодействий, поэтому методами лазерной и микроволновой спектроскопии могут исследоваться столкновительные и коллективные процессы в ансамблях холодных атомов. Наконец, холодные атомы и ионы признаны перспективным объектом для создания кубитов квантового компьютера.

Экспериментальные исследования ультрахолодных атомов активизировались в России после 2000 г., когда

образовалось сразу несколько научных групп с различной направленностью работ. В Институте лазерной физики СО РАН (Новосибирск), в ФИАНе и ВНИИФТРИ (Москва) основной целью является разработка и создание современных сверхточных оптических стандартов частоты на базе ультрахолодных атомов и ионов, в Новосибирске, в Институте физики полупроводников СО РАН, ведутся исследования высоковозбужденных ультрахолодных атомов и их применений в квантовой информатике, в Институте автоматизации и электротехники СО РАН (Новосибирск) решена задача экспериментальной реализации конденсации Бозе–Эйнштейна, в Нижнем Новгороде, в Институте прикладной физики РАН, впервые создан двумерный ферми-газ на основе ультрахолодных атомов лития, а в ОИВТ (Москва) исследуется процесс формирования ультрахолодной плазмы в газе ридберговских атомов лития. Необходимость в обмене опытом и в координации усилий различных научных групп привела к решению проводить в Новосибирске ежегодные рабочие совещания по физике ультрахолодных атомов, которые переросли в полноценные всероссийские конференции.

В продолжение предыдущих спецвыпусков журнала «Квантовая электроника» [1, 2], в этом номере опубликованы работы, отобранные организационным комитетом, и соответствующие части докладов, представленных на конференции «Физика ультрахолодных атомов–2018» (ФУХА-2018), которая проводилась в Новосибирске 17–19 декабря 2018 г. В целом, программа конференции включала в себя 32 устных и 6 стендовых докладов ученых из 24 российских организаций (см. веб-страницу конференции [https://www.isp.nsc.ru/quantum18/upload/Program\\_UltraColdAtoms-2018.doc](https://www.isp.nsc.ru/quantum18/upload/Program_UltraColdAtoms-2018.doc)). Доклады были разбиты на несколько тематических секций: квантовая метрология, квантовые газы, волны материи, спектроскопия, квантовые вычисления и лазерное охлаждение. Также был представлен обзорный доклад к 90-летию со дня рождения выдающегося отечественного физика С.Г.Раутиана. Все эти направления отражены в настоящем спецвыпуске.

**И.И.Рябцев.** Институт физики полупроводников им. А.В.Ржанова СО РАН, Россия, 630090 Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 13; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Россия, 630090 Новосибирск, ул. Пирогова, 2  
**Н.Н.Колачевский.** Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 53; Московский физико-технический институт (государственный университет), Россия, Московская обл., 141701 Долгопрудный, Институтский пер., 9  
**А.В.Тайченачев.** Институт лазерной физики СО РАН, Россия, 630090 Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 15Б; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Россия, 630090 Новосибирск, ул. Пирогова, 1

Поступила в редакцию 10 апреля 2019 г.

1. Колачевский Н.Н., Тайченачев А.В. *Квантовая электроника*, 47 (5), 393 (2017) [*Quantum Electron.*, 47 (5), 393 (2017)].
2. Колачевский Н.Н., Тайченачев А.В. *Квантовая электроника*, 48 (5), 401 (2018) [*Quantum Electron.*, 48 (5), 401 (2018)].