

## Прямое экспериментальное обнаружение нового явления высокоэнергетичной атомной изомерии

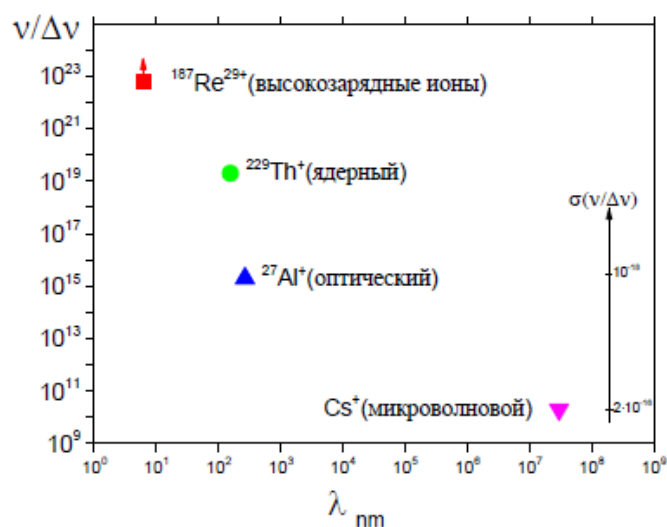
В системе PENTATRAP, запущенной в 2018 году в институте М.Планка по ядерной физике в Гейдельберге (ФРГ) с участием лаборатории физики экзотических ядер ПИЯФ и кафедры ядерно-физических методов исследования СПбГУ, наблюдалось состояние иона  $^{187}\text{Re}^{29+}$ , живущее дольше суток и имеющее необычайно высокую энергию возбуждения  $202 \pm 2$  эВ. Это долгоживущее состояние было зафиксировано при измерении спектра циклотронных частот, напрямую связанных с массами нуклидов. Установка PENTATRAP, на которой была выполнена работа, состоит из пяти ионных ловушек Пеннинга, позволяющих «привязывать» к одному и тому же времени процессы измерения искомого нуклида и калибранта. Это существенно подавляет систематическую неопределённость, что позволяет определить полную относительную ошибку измерения массы нуклида до рекордной величины  $10^{-11}$  (см Phys. Rev. Lett. **124** (2020) 113001-6).

Тщательный теоретический анализ показал, что полученные экспериментальные величины энергии и времени жизни обнаруженного состояния могут объясняться попаданием спина внешнего электрона в «спиновую ловушку», приводящим к сильному запрету распада уровня. Подтверждением правильности такой интерпретации послужило обнаружение аналогичного состояния в ионе  $^{187}\text{Os}^{30+}$  с энергией  $207 \pm 3$  эВ, имеющего ту же изоэлектронную структуру.

Выполненный эксперимент закладывает начало новому направлению – долгоживущей высокоэнергетичной атомной спектроскопии. С одной стороны, он может представить интерес в физике за пределами Стандартной Модели микромира через её составляющую – квантовую электродинамику (QED), которая весьма чувствительна к процессам с очень высоким запретом к разрядке. С другой стороны, обнаруженная метастабильность привлекает внимание в силу практического приложения. Действительно, обнаруженные изомеры обладают большим значением частотного фактора разрядки (отношения частоты перехода к его ширине), превосходящего на много порядков эту величину для всех известных эталонов частоты (см. рисунок, на котором частотный фактор для разных нуклидов показан в зависимости от длины волны). Поэтому найденные изомерные уровни, наряду с другими долгоживущими ионными состояниями, которые ещё предстоит открыть, могут рассматриваться как самые точные частотомеры (эталонные

часы), играющие важную роль в навигационных процессах.

R. X. Schüssler, H. Bekker, M. Braß, H. Cakir, J. R. Crespo López-Urrutia, M. Door, **P. Filianin**, Z. Harman, M. W. Haverkort, W. J. Huang, P. Indelicato, C.H. Keitel, C. M. König, K. Kromer, M. Mueller, **Y. N. Novikov**, A. Rischka, C. Schweiger, S. Sturm, S. Ulmer, **S. Eliseev** & K. Blaum. “Detection of metastable electronic states by Penning trap mass spectrometry”, Nature **581** (2020) 42-46.



Ю.Новиков –кафедра ЯФМИ физ-фак. СПбГУ