

1. Измерение масс сверхтяжёлых ядер

Для измерения масс тяжёлых атомных ядер обычно применяется косвенный метод изучения фрагментов их α -распадов, но для сверхтяжёлых ядер этот подход даёт большие погрешности. В Центре по изучению тяжёлых ионов им. Гельмгольца в Дармштадте (Германия) массы ядер $^{252, 253, 254}\text{No}$ и $^{255, 256}\text{Lr}$ были найдены с высокой точностью из циклотронных частот их движения в магнитном поле. Производимые на ускорителе GSI ядра захватывались в ловушку Пеннинга и вращались в магнитном поле. Измеренные резонансным методом циклотронные частоты сравнивались с циклотронной частотой ионов $^{133}\text{Cs}^+$, масса которых хорошо известна, в той же ловушке. Таким путём было изучено несколько десятков ядер, и удалось измерить их массы с точностью до 15 кэВ. По массе ядра можно модельно-независимо судить об их энергии связи, создающей дефект массы. Энергия связи во многом определяется эффектами заполнения нуклонных оболочек, влияющих также на стабильность ядер, поэтому полученные результаты могут помочь прояснить вопрос об "острове стабильности" — области на диаграмме "заряд – число нейтронов", в которой ядра, как предполагается, обладают достаточно большим временем жизни.

Источник: *Science* **337** 1207 (2012)

<http://dx.doi.org/10.1126/science.1225636>

2. Принцип неопределённости в измерениях

Соотношение неопределённостей Гейзенберга применительно к процессу измерения записывается в виде $\varepsilon(A)\eta(B) \geq \hbar/2$, где $\varepsilon(A)$ и $\eta(B)$ — погрешности измерения переменных A и B , причём $\varepsilon(A)$ и $\eta(B)$ обычно ассоциируются с квантовыми неопределённостями $\sigma(X) = ((\psi|X^2|\psi) - (\psi|X|\psi)^2)^{1/2}$ в квантовом состоянии системы ψ , но строго это отождествление доказано не было. Другая формулировка соотношения неопределённостей в форме Робертсона $\sigma(A)\sigma(B) \geq |\langle\psi|[A, B]|\psi\rangle|/2$, где $[A, B]$ — коммутатор операторов, является точным следствием положений квантовой механики. Однако в 2003 г. в теоретической работе М. Ozawa было показано, что напрямую последнюю запись применить к процессу измерений в общем случае нельзя, а более корректное соотношение неопределённостей для измерения имеет вид $\varepsilon(A)\eta(B) + \varepsilon(A)\sigma(B) + \sigma(A)\eta(B) \geq |\langle\psi|[A, B]|\psi\rangle|/2$. В частности, это допускает принципиальную возможность выполнить измерение двух сопряжённых переменных с произведением погрешностей, меньшим $\hbar/2$. В большинстве случаев это уточнение не является существенным, однако результат может измениться, если методика измерений определённым образом коррелирует с состоянием измеряемого объекта. Данный вывод подтверждён L.A. Rozema (Университет Торонто, Канада) и его коллегами в эксперименте по квантовой телепортации состояний кубитов, реализованных на состояниях поляризации фотонов. С помощью так называемых слабых измерений определялись состояния фотонов из коррелированной пары до их сильного взаимодействия с измерительным прибором. В результате действительно была достигнута точность измерений, лучшая, чем допускается принципом неопределённости в формулировке Гейзенберга. Таким образом, описываемые результаты, хотя и не влияют на фундаментальные принципы квантовой механики, представляют важное уточнение смысла принципа неопределённости применительно к процессу измерения. Эти результаты могут иметь значение для квантовой криптографии, а также для гравитационно-волновых интерферометров, работающих на пределе точности измерений.

Источник: <http://arxiv.org/abs/1208.0034>

3. Исследование электронных связей в единичных молекулах

L. Gross (лаборатории IBM в Цюрихе) и др. впервые смогли экспериментально различать отдельные электронные связи в единичной органической молекуле. С помощью атомных силовых микроскопов ранее уже изучались отдельные молекулы, но их химические свойства удавалось характеризовать лишь для молекулы в целом. В новом эксперименте применялся атомный силовой микроскоп с молекулой CO на конце иглы. С помощью вычислений методом

функционала плотности исследователи выявили эффекты, которые позволяют различать связи по кратности, силе и длине. Оказалось, что увеличение плотности электронного облака или кратности связи ведут к более сильному отталкиванию за счёт принципа исключения Паули, что даёт более контрастное изображение (большой сдвиг частоты колебаний иглы) в микроскопе. Кроме того, связи с большей кратностью на снимках выглядят короче, что объясняется изменением наклона молекулы CO на конце иглы. По этим признакам оказалось возможным различать электронные связи, отличающиеся по кратности на 0,2 и по длине всего на 0,03 Å. Этим методом были охарактеризованы электронные связи в молекулах полициклических ароматических углеводородов, а также в молекулах фуллерена C₆₀.

Источник: *Science* **337** 1326 (2012)

<http://dx.doi.org/10.1126/science.1225621>

4. Игольчатые плазменные пучки

J. Lin и его коллеги из США, Сингапура и Франции получили поверхностные плазмоны (квазичастицы, отвечающие коллективным колебаниям электронного газа) в виде тонкого пучка, распространяющегося вдоль поверхности металла на расстояние до 80 мкм без заметной дифракции. Эксперимент подтвердил правильность новых плазменных решений уравнений Максвелла, найденных участниками той же исследовательской группы. Генератором плазмонов служила решётка, состоящая из двух наборов параллельных бороздок на поверхности золота, нормали к которым пересекаются под углом 10°. В направлении нормалей под действием лазерных импульсов возбуждались две плоские плазменные волны. Интерференция этих волн и приводила к появлению игольчатых пучков с профилем, являющимся произведением косинуса и гауссианы, названных поэтому косинус-гауссовыми пучками. Плазмоны распространялись прямолинейно вдоль поверхности золота и наблюдались с помощью оптического микроскопа ближнего поля. Генерация игольчатых плазмонов может найти применение в плазменной наноэлектронике как способ уменьшения потерь в передаваемых сигналах.

Источник: *Phys. Rev. Lett.* **109** 093904 (2012)

<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.109.093904>

5. Газовое облако вблизи чёрной дыры

Недавно вблизи центра нашей Галактики было обнаружено облако газа, которое приближается к центральной чёрной дыре Sgr A*. Наблюдать сближение на минимальное расстояние 10⁻³ пк можно будет в середине 2013 г., и тогда же ожидается увеличение рентгеновской активности от аккреции газа. Уже сейчас видно, что облако деформируется приливными гравитационными силами чёрной дыры. Природа облака и причина его движения в направлении чёрной дыры пока неизвестны. В качестве возможного варианта обсуждалось столкновение двух звёзд. Новую гипотезу предложили исследователи из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики R.A. Murray-Clay и A. Loeb. В их модели облако является веществом протопланетного газо-пылевого диска вокруг слабой (и потому невидимой) звезды. Эта звезда с диском изначально находилась в кольцеобразном скоплении молодых звёзд, внутренний край которого удалён на расстояние 0,04 пк от Sgr A*. Испытав гравитационное рассеяние на другой звезде, диск и звезда изменили орбиту и начали приближаться к чёрной дыре. Под влиянием приливных сил и фонового УФ-излучения диск расширяется и теряет газ, который и образует видимое облако. Поскольку в последние годы были найдены сотни экзопланет вокруг других звёзд, новая гипотеза выглядит вполне правдоподобной. Модель R.A. Murray-Clay и A. Loeb предсказывает увеличение светимости облака по определённому закону по мере сближения с чёрной дырой, поэтому проверить её можно будет уже в ближайшие месяцы.

Источник: *Nature Communications* **3** 1049 (2012)

<http://dx.doi.org/10.1038/ncomms2044>

Подготовил Ю.Н. Ерошенко
(e-mail: erosh@ufn.ru)