

Новое в познании химических элементов

Д. И. Мычко, доцент кафедры неорганической химии БГУ, кандидат химических наук

В 2009/10 учебном году в познании химических элементов достигнуты важные успехи.

Во-первых, был синтезирован новый химический элемент — 117.

Во-вторых, американскими учёными был подтверждён ранее достигнутый успех российских учёных по синтезу 114-го элемента.

В-третьих, у 112-го элемента появилось имя: его назвали коперницием (Copernicium).

Пока эти сведения не попали в учебники, но их значение требует корректировки содержания учебных курсов по общей и неорганической химии.

117-й элемент в периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева



В январе 2010 года появилось сообщение о том, что в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флёрва Объединённого института ядерных исследований (Дубна, Россия) синтезирован новый 117-й элемент периодической системы Д. И. Менделеева. Новое открытие завершает заполнение периодической системы с первого по 118-й элемент. Напомним, что 118-й элемент был открыт в Дубне ещё в 2006 году, а вот клетка 117-го оставалась до сих пор пустой.

Официальное название новый элемент получит после того, как его существование будет подтверждено в других лабораториях. Пока же для искомого элемента учёные используют название **унунсептий** (Ununseptium) и символ Uus. Это временное, рабочее название, отражающее порядковый номер элемента.

Результаты этого открытия были опубликованы 9 апреля 2010 года в журнале *Physical Review Letters* [1].

Новый элемент, как и большинство искусственно полученных трансуранных элементов, крайне нестабилен, пе-

риод его полураспада составляет 78 миллисекунд. После синтеза он прожил десятую долю секунды и в результате α -распада перешёл в 115-й элемент, который просуществовал 0,2 секунды. Потом в 113-й (через 5 секунд), дальше в 111-й (через 26 секунд) и дальше до 105-го элемента, распад которого наблюдали через 33 часа. Всего было получено шесть цепочек последовательного распада ядер 117-го элемента, причём удалось получить два разных изотопа нового элемента, а также новые изотопы элементов 115, 113, 111, 109, 107, 105.

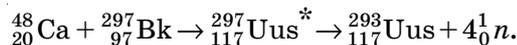
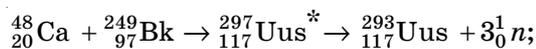
Химические свойства 117-го элемента пока не изучались. Его относят к *p*-элементам, аналогу астата, поэтому также называют эка-астатом.

Эксперименты по получению нового элемента (руководитель — академик Российской академии наук Юрий Оганесян) проводились на ускорителе тяжёлых ионов в Дубне в сотрудничестве с национальными лабораториями США в Ок-Ридже и Ливерморе, с Университетом Вандербильта (США), а также с Научно-

исследовательским институтом атомных реакторов (Дмитровград, Россия).

Процесс синтеза происходит следующим образом: на огромной скорости ионы кальция-48 из ускорителя попадают в уникальную мишень из изотопа искусственного 97-го элемента — берклия-249. За мишенью образуется поток продуктов реакций — осколки ядер, протоны, нейтроны, ядра кальция и берклия. Среди них могут быть и ядра нового сверхтяжёлого элемента. Позже поток очищается от всего лишнего в газовом сепараторе, за которым находятся детекторы, фиксирующие рождение ядра 117-го элемента.

Синтез нового элемента осуществлён в ядерных реакциях по схеме:



Мишень из берклия изготавливалась в НИИ атомных реакторов в Дмитровграде (Ульяновская область) путём его нанесения электрохимическим способом на титановую фольгу толщиной 1,5 микрона. Нарботка 25 миллиграммов уникального нуклида берклия была осуществлена на самом мощном в мире атомном реакторе NIFR Национальной лаборатории США в Ок-Ридже.

Помещая мишень под пучок кальция-48, физики следили за процессами распада образующихся сверхтяжёлых ядер. В двух сериях экспериментов, каждая из которых длилась 70 дней, наблюдалось образование всего 6 событий «рождения» нового элемента: пять с 176 нейтронами и один с 177, соответственно изотопы ${}^{293}\text{Uus}$ и ${}^{294}\text{Uus}$.

Учёные были вынуждены проявить оперативность, так как берклий-249, полученный американскими физиками, «живёт» всего 320 дней, и надо было успеть провести эксперимент в эти сроки.

В чём значение этого синтеза и удастся ли извлечь из этого открытия пользу?

Из предыдущего опыта следует, что чем дальше продвигались учёные в получении новых элементов, тем меньше оставалось шансов применить их на практике. Например, плутоний (94-й элемент)

используется в ядерных энергетических установках и ядерном оружии, америций (95-й элемент) применяется в качестве источника излучения в детекторах дыма и дефектоскопах, кюрий (96-й) используется в спектрографе на борту марсоходов, а вот уже берклий практически никакого применения не нашёл.

На получение 25 миллиграммов берклия-249, использовавшегося в синтезе 117-го элемента, американцы потратили около полумиллиона долларов. На сам синтез 117-го элемента российская сторона потратит 1,5 млн долларов.

Оправданы ли такие затраты?

Учёные считают, что хотя в обозримом будущем практического применения у сверхтяжёлых короткоживущих элементов, скорее всего, найдено не будет, эксперименты по их синтезу очень важны для фундаментальной науки. В ходе таких опытов учёные проверяют существующие модели, объясняющие, как нейтроны и протоны, образующие ядро всех элементов, связаны между собой. Эти модели, в свою очередь, могут объяснить феномен различного содержания тех или иных элементов в материи Вселенной, а также предсказать возможное существование экзотических сверхтяжёлых элементов, являющихся достаточно стабильными для существования на Земле или в метеоритах. Каждое такое новое открытие является важным шагом в неизведанную область знаний.

Так, обнаруженные свойства распада изотопов элемента 117 и его дочерних продуктов — изотопов элементов 115, 113, 111, 109, 107 и 105 — вместе с ранее синтезированными в Дубне изотопами элементов 112—116 и 118 являются прямым экспериментальным доказательством существования «островов стабильности» сверхтяжёлых ядер, где время их существования, как предполагается, должно продолжаться от нескольких секунд до нескольких дней или даже лет. И, может быть, из них можно будет сгенерировать множество необычных новых материалов, обладающих пока ещё неясным научным и практическим применением. Вероятно, что могут быть получе-

ны новые источники энергии. Когда будут исчерпаны запасы не только нефти и газа, но и урана, возможно, энергия сверхтяжёлых элементов будет способна решить энергетические проблемы челове-

чества. Заметим, что если критическая масса плутония 20 кг, у сверхтяжёлых элементов она меньше миллиграмма, а это означает, что можно сконструировать портативный атомный реактор.

114-й элемент

В 1998 году сотрудники ОИЯИ (Дубна, Россия) синтезировали 114-й элемент с атомной массой 289. Особенностью проведённого синтеза явилось то обстоятельство, что ядра нового элемента имели период полураспада, равный 30 секундам, что в сотни раз больше ближайших к нему элементов. Это открытие возродило интерес к гипотезе об «островках относительной стабильности», теоретическое обоснование которой было сделано в 60-е годы XX столетия. Этот синтез стал рассматриваться как экспериментальное подтверждение этой гипотезы.

Однако в науке принято считать достоверными результатами только те, которые обладают воспроизводимостью и имперсональностью, т. е. могут быть повторены в экспериментах других исследователей.

Поэтому для официального признания существования 114-го элемента он должен быть получен в нескольких лабораториях.

И вот, спустя 11 лет учёные из Национальной лаборатории Лоренса в Беркли (США) подтвердили результаты работы российских коллег.

Для создания нового элемента использовался газонаполненный сепаратор (Gas-filled Separator) в 88-дюймовом циклотроне. Циклотрон позволяет разгонять ядра химических элементов до больших скоростей, требующихся для опыта, а сепаратор даёт возможность разделить продукты физического взаимодействия и найти в них требующиеся элементы.

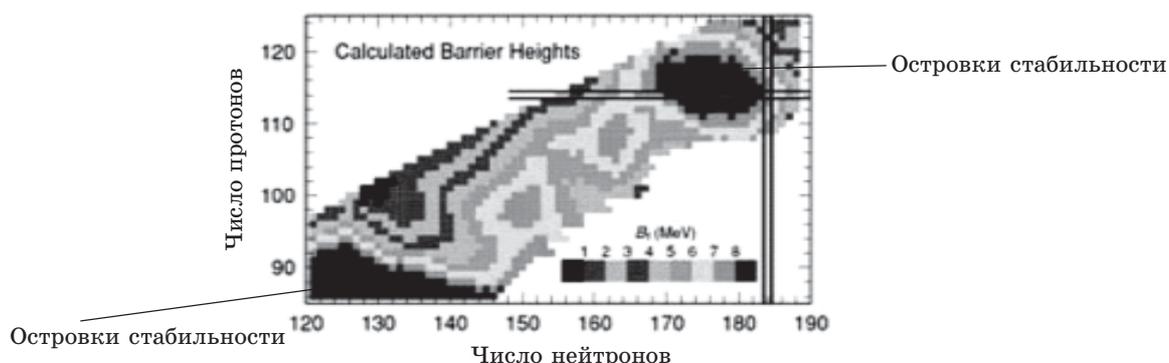
Разогнав ионы кальция-48, в ядрах которого 20 протонов и 28 нейтронов, учёные устроили столкновение этого потока с мишенью, состоящей из оксида плутония-242, ядра которого включают в себя 94 протона и 148 нейтронов. Мишень располагалась на диске диаметром 9,5 см, вращающемся со скоростью 12—14 оборотов в секунду, чтобы рассеять выделившееся при столкновении тепло.

В результате опыта американских учёных образовались два ядра 114-го элемента, различающиеся числом нейтронов и массой. Одно из них — 286 — включало в себя 114 протонов и 172 нейтрона, другое — 287 — 114 протонов и 173 нейтрона.

Ядро с массой 286 распалось приблизительно через 0,1 с после создания, испустив α -частицу. Ядро 287 просуществовало около полусекунды, последовательно испустив две α -частицы.

«Получив 114-й элемент, мы развеяли всяческие сомнения насчёт достижения учёных из Дубны», — сообщил один из руководителей американского проекта Хейно Ницше.

Статья об успехах американских учёных опубликована в журнале *Physical Review Letters* [2].



Островки стабильности в периодической системе химических элементов // American Physical Society

Название и символ 112-го элемента

Cn	11
	285
[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ²	
Коперниций	

19 февраля 2010 года Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC) официально объявил о присвоении названия и символа химическому элементу с атомным номером 112.

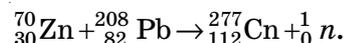
Теперь 112-й элемент называется **Copernicium** и обозначается символом **Cn**. Русское название элемента ещё уточняется: или коперниций, или коперникий. Ранее 112-й элемент носил временное название унунбий (лат. Ununbium) и эка-ртуть, а также имел соответствующий символ — Uub.

По установленной традиции название элементу было предложено теми, кто его впервые синтезировал — немецкими учёными из Гельмгольцевского центра исследования тяжёлых ионов в Дармштадте (Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI)) (Германия).

Немецкие учёные объяснили своё предложение по названию 112-го элемента тем, что этим будет подчеркнуто значение работ известного астронома, математика и экономиста Николая Коперника (1473—1543), который предложил гелиоцентрическую систему мира. Его предложение положило начало научной революции, изменившей взгляд на мир и методологию познания. Позже эта модель по аналогии была использована для построения планетарной модели строения атома. Поэтому о названии элемента было объявлено в день рождения Н. Коперника — 19 февраля.

112-й элемент был впервые синтезирован 9 февраля 1996 года группой германских физиков под руководством Сигурда Хофманна (Sigurd Hofmann). Тогда было получено всего два ядра этого элемента путём стрельбы цинковыми атомными ядрами (30-й элемент) по свинцовой мишени (82-й элемент) в

120-метровом ускорителе тяжёлых ионов. При слиянии ядер цинка и свинца формировались ядра нового элемента:



Свой успех учёные повторили в 2002 году. Осенью 2009 года независимая группа экспертов из Исследовательского института «Рикэн» в Японии повторила их достижение.

Это позволило независимым экспертам из IUPAC и IUPAP в июле 2009 года зафиксировать приоритет немецких учёных в открытии (точнее синтезе) 112-го элемента [4].

Ещё до германского эксперимента 112-й элемент был синтезирован и в Дубне, однако российские физики получили только одно ядро, поэтому IUPAC не засчитал этот результат.

Наиболее стабильным из его изотопов является коперниций-285, который имеет период полураспада около 30 секунд. Его ядро состоит из 112 протонов и 173 нейтронов. Коперниций относится к той же химической группе, что цинк, кадмий и ртуть. Если бы этот элемент можно было получить в виде простого вещества, то оно по аналогии с этими элементами, по-видимому, было бы серебристой жидкостью, похожей на ртуть, но менее вязкой.

В 2006 году в Объединённом институте ядерных исследований (Дубна, Россия) синтез более тяжёлых изотопов элемента был подтверждён его химическим идентифицированием по конечному продукту распада. Мишень из плутония-242 облучалась ионами кальция-48. В реакции образовывалось ядро элемента 114 (²⁸⁷Uuq), которое проникло в камеру со смесью гелия и аргона при атмосферном давлении. После α-распада примерно через полсекунды ²⁸⁷Uuq превращался в ядро элемента 112 (²⁸³Cn), которое газовой струёй переносилось в криогенную камеру с золотыми детекторами. На детекторах были зарегистрированы распады ядер элемента 112.

Известные изотопы 112-го элемента

Изотоп	Масса	Период полураспада	Тип распада
^{277}Cn	277	0,69 + 0,69 – 0,24 мс	α -распад в ^{273}Ds
^{282}Cn	282	0,50 + 0,33 – 0,14 мс	Спонтанное деление
^{283}Cn	283	4,0 + 1,3 – 0,7 с	α -распад в ^{279}Ds (не менее 99 %), спонтанное деление
^{284}Cn	284	79 + 31 – 19 мс	Спонтанное деление
^{285}Cn	285	29 + 13 – 7 с	α -распад в ^{281}Ds



Руководитель эксперимента по синтезу 112-го элемента
в Гельмгольцевском центре исследования тяжёлых ионов в Дармштадте (Германия)
профессор Зигурд Хофман (Sigurd Hofmann). Фото: G. Otto, GSI

Список использованной литературы

1. *Oganessian, Yu. Ts., Abdullin, Sh. F., Bailey P. D. et al.* Synthesis of a New Element with Atomic Number $Z=117$ // *Phys. Rev. Lett.* — 2010. — Vol. 104, N. 14. — P. 142502.
2. *Stavsetra, L., Gregorich, K. E., Dvorak, J. et al.* Independent Verification of Element 114 Production in the $\text{Ca-48} + \text{Pu-242}$ Reaction // *Physical Review Letters.* — Vol. 103, N. 13, — P. 132502.
3. *Tatsumi, K., Corish, J.* Name and symbol of the element with atomic number 112 (IUPAC Recommendations 2010) // *Pure Appl. Chem.* — 2010. — Vol. 82, N. 3. — P. 753–755.
4. *Pure Appl. Chem.* — 2009. — Vol. 81, N. 7. — P. 1331–1343.