

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Барановичский государственный университет»
Студенческое научное общество БарГУ

СОДРУЖЕСТВО НАУК. БАРАНОВИЧИ-2016

Материалы XII Международной
научно-практической конференции
молодых исследователей

(Барановичи, 19—20 мая 2016 года)

В трёх частях

Часть 2

Барановичи
БарГУ
2016

В части 2 сборника материалов XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей «Содружество наук. Барановичи-2016» представлены результаты исследований в области физики и математики, а также рассмотрены актуальные проблемы в области информационных систем и технологий в образовании, науке и технике. Особое внимание уделено современным тенденциям в технологиях и материалах машиностроительного и сельскохозяйственного производств, а также экономическим аспектам развития предприятия, региона.

Сборник адресован научным работникам, аспирантам, магистрантам и студентам инженерных и экономических специальностей учреждений высшего образования.

Редакционная коллегия:

А. В. Никишова (гл. ред.), Ю. Е. Горбач, В. Н. Кременевская (отв. секретари), Е. Н. Кирюхова,
О. И. Наранович, А. К. Гавриленя, М. В. Нерода, В. Н. Познякевич, Г. Я. Житкевич

Рецензент

кандидат технических наук, заведующий лабораторией механофизики гетерогенных систем
Государственного научного учреждения «Физико-технический институт
Национальной академии наук» А. М. Милюкова

Научное издание

СОДРУЖЕСТВО НАУК.
БАРАНОВИЧИ-2016

Материалы XII Международной
научно-практической конференции
молодых исследователей

(Барановичи, 19—20 мая 2016 года)

На русском, белорусском, английском языках

В трёх частях

Часть 2

Ответственный за выпуск Е. Г. Хохол
Технический редактор А. Ю. Сидоренко
Компьютерная вёрстка С. М. Глушак
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 04.10.2016. Формат 60 × 84 ¹/₈. Бумага ксероксная.

Отпечатано на копировально-множительной технике. Усл. печ. л. 28,00. Уч.-изд. л. 25,10. Тираж 9 экз. Заказ 681.

Учреждение образования «Барановичский государственный университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя № 1/424 от 09.09.2016.
Ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи. Тел. 8 (0163) 45 46 28, e-mail: rio@barsu.by .

2) какой информацией нужно воспользоваться для заполнения таблицы (установить связь между данными и искомыми; действие направлено на формирование регулятивных УУД, поскольку отражается умение устанавливать причинно-следственные связи);

3) в какой последовательности можно заполнить таблицу (составить план своих действий; действие направлено на формирование регулятивных УУД, поскольку отражается умение самостоятельно планировать пути достижения целей);

4) каков будет результат (реализовать намеченный план и выполнить контроль своих действий; действие направлено на формирование регулятивных и коммуникативных УУД, поскольку отражается умение осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, а также владение устной речью);

5) что общего и чем отличаются данные заполненной таблицы (сравнить искомые и полученные данные и сделать определённый вывод; действия направлены на формирование регулятивных и коммуникативных УУД, поскольку отражается умение формулировать, аргументировать и отстаивать своё мнение, а также создавать обобщения, устанавливать аналогии).

Таким образом, можно предложить следующую технологию разработки программы обогащения метапредметного опыта учащихся 5-го класса средствами табличных заданий: 1) выделить табличные задания в различных учебниках по математике 5-го класса; 2) определить критерии разбиения табличных заданий на группы (по принципу заполнения, с выбором данных, сделать вывод теоретического характера, по способу заполнения и др.); 3) выделить группы табличных заданий по определённым критериям (есть готовая таблица, заполнить, связанные с последующими вопросами); 4) систематизировать табличные задания в соответствии с учебными темами и группами; 5) определить последовательность задания каждой группы в соответствующем учебно-методическом комплексе и откорректировать её в случае необходимости (переставить виды заданий соответствующей группы, дополнить заданиями других комплексов и т. д.); 6) разработать методику обогащения метапредметного опыта учащихся средствами заданий соответствующих групп.

Список цитируемых источников

1. Математика : учеб. для учащихся 5 кл. общеобразоват. учреждений. В 2 ч. Ч. 2 / Э. Г. Гельфман [и др.]. М. : Просвещение, 2005; Математика. 5 класс. / Н. Я. Виленкин [и др.]. М. : Мнемозина, 2007 ; Зубарева И. И., Мордкович А. Г. Математика. 5 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений. 6-е изд., стер. М. : Мнемозина, 2012.

УДК 669.855

Б. И. Павловский, П. А. Кунцевич, Т. С. Петлицкая

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕРИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Введение. Редкоземельные металлы (далее — РЗМ) в настоящее время широко используются в производстве высокотехнологичных приборов, а также в качестве компонентов при синтезе новых материалов с заданными свойствами. В периодической таблице Д. И. Менделеева РЗМ занимают место от лантана до лютеция, образуя так называемую группу лантаноидов. Отличительной особенностью является наличие незаполненной $4f$ -оболочки, электроны которой представляют собой сильно коррелированную подсистему. Именно степень заполнения $4f$ -оболочки во многом определяет физические свойства РЗМ.

Основная часть. Редкие или редкоземельные металлы получили своё название, как считалось ещё в начале XIX в., исходя из того, что их количество в структуре земной коры мало по сравнению с другими химическими элементами. Однако говорить об их небольшом количестве на сегодняшний момент не приходится. Уже известно достаточно большое количество месторождений РЗМ, но первоначальная литературная терминология их названия сохранилась до наших дней, и её не стали менять.

Особое место в группе лантаноидов занимает церий, серебристо-белый металл. Это самый распространённый РЗМ. Атом церия в основном состоянии имеет электронную структуру $^{140}_{58}\text{Ce} - [\text{Xe}]4f^15d^16s^2$. Церий получил своё название в честь карликовой планеты Церера, обнаруженной практически одновременно с открытием церия в 1803 г., но лишь в 1875 г. впервые был получен металлический церий [1]. Церий получили при электролизе тщательно очищенного четырёхвалентного церия CeCl_4 . В зависимости от различных условий давления и температуры он может быть антиферромагнетиком, парамагнетиком и сверхпроводником [2]. Церий является единственным элементом, в чистом виде проявляющим эффект Кондо. Суть его состоит в аномальной температурной зависимости электрического сопротивления, в частности, благородных металлов вблизи абсолютного нуля. Аномалия проявляется в том, что сопротивление при понижении температуры вначале понижается, проходя через минимум при некоторой температуре $T = T_K$ (температура Кондо), далее при $T \rightarrow 0$ сопротивление проводника повышается. И, кроме того, металлический церий был первой системой в твёрдом

состоянии, для которой на фазовой диаграмме p — T была найдена критическая точка, аналогичная критической точке системы жидкость—пар [3]. Эти свойства в основном связаны с тем, что величина энергии внутренней $4f$ -оболочки церия близка к энергии внешних валентных $5d$ - и $6s$ -уровней. В связи с этим даже небольшое количество энергии достаточно для изменения относительной заселённости этих уровней, что приводит к разнообразию в строении электронных оболочек церия и физических свойств данного вещества.

Недостроенная $4f$ -оболочка является одной из предпосылок для наличия пара- или ферромагнетизма. Однако одного этого условия для ферромагнетизма недостаточно. Вторым условием является определённая величина отношения расстояния ближайших атомов к диаметру оболочки с нескомпенсированными спинами; эта величина должна быть больше 1,5. При этом условии возникает специфическое обменное взаимодействие [4]. В подобных твердотельных комплексах атомы этих элементов сохраняют полностью или частично локализованные магнитные моменты, что приводит к сильному обменному взаимодействию электронной и магнитной подсистем. Именно сильное взаимодействие (гибридизация) между локализованными f - и коллективизированными электронами порождает в подобных материалах уникальные физические явления, такие как высокотемпературная сверхпроводимость, эффект Кондо, стабилизация тяжёлофермионного состояния, появление волн зарядовой и спиновой плотности и др. [5].

В настоящее время в современной технике широко используют способность церия улучшать свойства сплавов на основе железа, магния, алюминия, меди, ниобия, титана. Добавление 1% церия к магнию резко увеличивает прочность последнего на разрыв и сопротивление ползучести. Также добавка редкоземельного элемента поднимает температуру размягчения и коррозионную стойкость магниевых сплавов. Благодаря этим свойствам, сплавы церия и магния широко применяются в авиастроении [6].

Церий также широко используется в катализаторах, а также в качестве добавки в топливо для уменьшения загрязнения окружающей среды [7]. Однако главное его применение — синтез новых магнитных материалов, где церий выступает одним из компонентов нового материала. Малые добавки церия очищают сталь от вредных неметаллических включений, прежде всего серы и газов, большие же — образуют самостоятельные окисные включения, которые полезны далеко не всегда. Известно, например, что церий ухудшает окалиностойкость стали марки 12-ХМФ (сталь жаропрочная низколегированная). Церий чаще всего вводят в сталь в виде мишметалла (сплава редкоземельных элементов) или ферроцерия (сплава с железом) [8].

Основным химическим свойством является неустойчивость на воздухе, постепенно он окисляется и превращается в белый оксид. Сфера применения элемента достаточно широка, поскольку различные сплавы при добавлении церия претерпевают модификацию и получают необходимые свойства. Благодаря легированию (добавлению в состав примесей), различные материалы приобретают большую прочность, электропроводность и другие характеристики. Церий повышает электропроводность алюминия, меди, ниобия, титана. Здесь действие церия в целом аналогично действию лантана. Но поскольку церий и его соединения дешевле и доступнее, чем лантан, значение церия как легирующей добавки больше, нежели лантана [9]. Добавка церия к чугунам приводит к изменению в нём формы свободного графита с сильным раскисляющим действием и способствует удалению азота [10].

В химической и нефтяной промышленности диоксид церия используют как катализатор. В частности, CeO_2 хорошо ускоряет практически важную реакцию между водородом и окисью углерода. Так же хорошо и надёжно работает двуокись церия в аппаратах, где происходит дегидрогенизация (реакция отщепления водорода от соединений в присутствии катализаторов) спиртов. Другое соединение церия — его сульфат $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ — считают перспективным катализатором для серноокислого производства. Он намного ускоряет реакцию окисления сернистого ангидрида в серный [11].

В атомной технике широко применяют церийсодержащие стёкла, так как они не тускнеют под действием радиации. Ещё одна особенность стекла, содержащего церий, блокировка ультрафиолетовых лучей. Такую особенность используют в производстве медицинской посуды, а также при создании иллюминаторов для космических аппаратов. Двуокись церия (церит) входит в состав специальных стёкол как осветлитель и иногда как светло-жёлтый краситель. То же вещество — основной компонент полирита, самого эффективного порошка для полировки оптического и зеркального стекла. Полирит — коричневый порошок, состоящий из окислов редкоземельных элементов. Окиси церия в нём не меньше 45% [12]. Известно, что с переходом на полирит качество полировки значительно улучшилось. Оксид церия совместно с двуокисью титана используется для варки цветных стёкол, окрашенных от светло-жёлтого до оранжевого оттенка. В качестве чрезвычайно стойких огнеупорных материалов используют двуокись церия (до 2 300°C в окислительной и инертной атмосфере), сульфид церия (до 1 800°C в восстановительной атмосфере). Трифторид церия (CeF_3) используется в качестве добавки при изготовлении углей для дуговых источников света, его добавление к материалу углей резко повышает яркость свечения [13]. Диоксид церия применяется в качестве компонента для производства твёрдого электролита высокотемпературных топливных элементов.

Трёхфтористый церий в сплаве с фторидом стронция используется для производства очень мощных твердотельных аккумуляторных батарей. Анодом в таких батареях является чистый металлический церий.

Заключение. Опыт, накопленный наукой и промышленностью, убедительно показывает, что РЗМ обладают уникальным комплексом физико-химических свойств, который обеспечивает им широкую перспективу для применения в металлургии, машиностроении и приборостроении. Именно поэтому более детальное изучение и понимание физики межэлектронных взаимодействий различных соединений даёт возможность учёным и инженерам управлять электронными и магнитными свойствами материалов. Открывается также возможность создания новых гибридных наноструктур с последующим их внедрением как в современную электронную индустрию, так и медицину.

Что же касается Республики Беларусь, то собственных месторождений РЗМ выявлено не было, поэтому для того, чтобы использовать РЗМ в своих промышленных целях, приходится их закупать в ближайших странах. В век бурно развивающихся нанотехнологий и наноматериалов, которые вскоре станут составной частью нашей повседневной жизни, применение и использование РЗМ в промышленном комплексе Республики Беларусь позволит выйти на новый уровень научно-технического развития.

Список цитируемых источников

1. Петлицкая Т. С. Резонанс Абрикосова—Сула и изоструктурное фазовое превращение в церии // XVI Респ. науч.-практ. конф. молодых учёных, Брест, 16 мая 2014 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. В. В. Здановича. Брест : БрГУ, 2014. Ч. 1. С. 49—50.
2. Handbook on the physics and chemistry of rare earths / ed.: Karl A. Gschneidner, LeRoy Eyring. Vol. 1: Metals. Amsterdam [etc.] : North-Holland, 1982. P. 337—377.
3. Петлицкая Т. С. Резонанс Абрикосова—Сула и изоструктурное фазовое превращение в церии. С. 49—50.
4. Сплавы редкоземельных металлов / Е.М. Савицкий [и др.]. М. : Изд-во Академии наук СССР, 1962. 269 с.
5. Вялых Д. В. Гибридизация электронных состояний и особенности тонкой структуры зон в твердотельных системах : дис. ... д-ра физ.-мат. наук : 01.04.07. СПб, 2012. 167 с.
6. Станцо В. В., Черненко М. Б. Популярная библиотека химических элементов. М. : Наука, 1983. Ч. 2. С. 125—131.
7. Редкоземельные элементы. Технология и применение : пер. с англ. / под ред. Ф. М. Виллани. М. : Metallurgia, 1985. С. 65—81.
8. Станцо В. В., Черненко М. Б. Популярная библиотека химических элементов. С. 125—131.
9. Михайленченко А. И., Михлин Е. Б., Патрикеев Ю. Б. Редкоземельные металлы. М. : Metallurgia, 1987. С. 210—220.
10. Станцо В. В., Черненко М. Б. Популярная библиотека химических элементов. С. 125—131.
11. Редкоземельные элементы. Технология и применение. С. 65—81.
12. Михайленченко А. И., Михлин Е. Б., Патрикеев Ю. Б. Редкоземельные металлы. С. 210—220.
13. Станцо В. В., Черненко М. Б. Популярная библиотека химических элементов. С. 125—131.

УДК [[539.19:539.2:539.6]:535.21]:620.3]-022.532

А. Л. Полюх, Г. В. Качкар

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ПРИВОД ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МОЛЕКУЛАХ С ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫМ ПЕРЕНОСОМ ЗАРЯДА

Введение. В статье предложен один из возможных способов управляемого перемещения отдельных молекул с помощью энергии светового излучения. Речь идёт о возможности перемещать линейную молекулу со специальной структурой за счёт изменения поляризации отдельных участков (атомных группировок) благодаря перераспределению электронной плотности при поглощении световых квантов (внутримолекулярного переноса заряда (далее — ВПЗ)).

В ходе работы с литературой выяснилось, что по теме молекулярных двигателей есть несколько публикаций и отдельные практические результаты. В обзорно-аналитической статье [1] перечислено более 1 600 публикаций по темам, связанным с молекулярными и супрамолекулярными системами и устройствами. Среди них не оказалось статей по теме оптических молекулярных приводов линейного перемещения. По линейному приводу на химической энергии есть одна публикация [2], по вращательным оптическим молекулярным моторам — четыре [3], около двадцати работ по молекулярным моторам с химическими источниками энергии. Из анализа публикаций можно сделать вывод, что тема фотоуправления движением молекул развивается, хотя и относительно медленно.

Пока ещё нет эффективных молекулярных приводов линейного перемещения на световой энергии, но есть отдельные результаты по другим фотозависимым молекулярным системам (ротаторам, челнокам, переключателям), на основании которых можно утверждать, что такой принцип перемещения может быть практически реализован, хотя детали его реализации нуждаются в дальнейшем уточнении.

Основная часть. В предыдущем докладе был назван только общий принцип движения молекулы за счёт ВПЗ при поглощении световых квантов без уточнения деталей структуры молекул и способа управления перемещением. В ходе дальнейшего изучения проблемы рассмотрено несколько типов полимеров, в основном ароматических, которые могут оказаться пригодными для создания рабочих молекул. Здесь мы приведём один вариант, который предполагает наиболее простую структуру молекулы.

Идея предлагаемого способа перемещения молекул очень проста. В его основе лежит широко известное явление фотополяризации с ВПЗ [4], т. е. перераспределения электрического заряда между частями одной молекулы (отдельными атомами или атомными группировками) в результате перехода электрона при оптическом возбуждении с орбиталей одной локальной системы, выступающей в роли донора, на орбитали другой системы (группировки), играющей роль акцептора. Как правило, в роли доноров электронов могут выступать группы $-\text{NH}_2$, $-\text{NH}-$, некоторые гетероароматические циклы, а в роли акцепторов группы $-\text{CO}-$, $-\text{H}_3\text{CO}$, $-\text{COOR}$, $-\text{CN}$, $-\text{Cl}$, $=\text{S}$, $-\text{SH}$ и другие, связанные с соседними атомами углерода или через цепочку π -связей, чаще всего с участием арома-