

СОДЕРЖАНИЕ

Формирование металлполимерных композиций на основе поливинилпирролидона и наночастиц золота. <i>А.И. Лоскутов, В.В. Высоцкий, О.Я. Урюпина</i> . . . . .	3
Исследование нанокомпозитов на основе опалов с помощью комплекса нанотехнологического оборудования «Умка». <i>Н.О. Алексеева, В.Л. Вейсман, А.Е. Лукин, В.Н. Марков, С.В. Панькова, В.Г. Соловьев, В.А. Ткаль, М.В. Яников</i> . . . . .	9
«Умка»: за пределами топографии. <i>С.Ю. Васильев, А.В. Денисов, Г.А. Цирлина</i> . . . . .	12
Гидротермальный синтез нанокристаллического гидроксида алюминия и технологии его применения в различных областях. <i>Ю.А. Мазалов, А.В. Федотов, Е.В. Щеглов, А.В. Берш, А.В. Лисицын, Л.В. Судник</i> . . . . .	16
Сорбционные и экранирующие свойства наноалмазного композиционного материала. <i>Е.И. Кондратенко, Н.Ю. Липсон, Н.А. Ломтева, С.К. Касимова, С.К. Гордеев, С.А. Корчагина</i> . . . . .	20
Формирование фрактальных структур в композиции поливинилового спирта (ПВС) – углеродные нановолокна (УНВ). <i>И.В. Золотухин, С.А. Солдатенко, А.В. Усков</i> . . . . .	24
Асимметричные кумулятивные процессы на пылевой частице в плазме. <i>Ф.И. Высикайло, С.В. Митин, А.С. Тивков</i> . . . . .	28
Позитроника и нанотехнологии: возможности изучения нанообъектов в технически важных материалах методом позитронной аннигиляционной спектроскопии. <i>В.И. Графутин, Е.П. Прокопьев, С.П. Тимошенко, Ю.В. Фунтиков</i> . . . . .	33
Кинетика каналирования ионов в гексагональных сверхрешетках, образованных углеродными нанотрубками. <i>С.И. Матюхин</i> . . . . .	43
Короностойкая полиимидная изоляция машин высокого напряжения. <i>А.И. Драчев, В.М. Пак</i> . . . . .	46
Разработка нанодисперсных противоизносных составов для повышения динамической адаптации и эксплуатационных показателей дизель-генераторных установок. <i>С.А. Поляков, С.П. Хазов, И.В. Соколов, К.В. Зайцева</i> . . . . .	50
Оптические измерительные технологии и их применение для контроля технического состояния конструкционных материалов и изделий. <i>И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин, В.П. Сизов</i> . . . . .	56
Научные разработки по нанотехнологиям в интересах агропромышленного комплекса. <i>В.Ф. Федоренко</i> . . . . .	59
Получение углеродных металлсодержащих наноструктур для модификации материалов, применяемых в агропромышленном комплексе. <i>Н.В. Семкина, В.И. Кодолов, Ю.М. Васильченко, Л.Ф. Ахметшина, Д.А. Шкляева</i> . . . . .	62
О развитии нанобиотехнологий в перерабатывающих отраслях АПК. <i>Л.В. Римарева</i> . . . . .	65
Нанотехнологии и нанопроцессы в производстве пищевых продуктов. <i>И.Т. Смыков</i> . . . . .	68
Особенности наноструктуры кожевенного материала, полученного с применением высокочастотной плазменной обработки. <i>И.Ш. Абдуллин, Э.Ф. Вознесенский, И.В. Красина, Г.Н. Кулевцов, Л.Р. Джанбекова</i> . . . . .	75
Электрофизические свойства бетона с наноразмерными добавками. <i>М.П. Сумец, Л.А. Битюцкая, Г.И. Котов</i> . . . . .	78
Магнитный резонанс в наночастицах: между ферро- и парамагнетизмом. <i>В.А. Ацаркин, В.В. Демидов, Н.Е. Ногинова</i> . . . . .	81
НОВОСТИ . . . . .	88
АННОТАЦИИ . . . . .	98
АКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ . . . . .	103
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ . . . . .	108

## TABLE OF CONTENTS

Formation of metal-polymeric compositions on the basis of polyvinylpyrrolidone and gold nanoparticles. <i>A.I. Loskutov, V.V. Vysotskiy, O.Ya. Uriupina</i> . . . . .	3
Investigation into opal-based nanocomposites by the «UMKA» complex of nanotechnological equipment. <i>N.O. Alexeeva, V.L. Veisman, A.E. Lukin, V.N. Markov, S.V. Pan'kova, V.G. Solov'ev, V.A. Tkhal, M.V. Yanikov</i> . . . . .	9
«Umka»: Beyond topography. <i>S.Yu. Vassiliev, A.V. Denisov, G.A. Tsirlina</i> . . . . .	12
Hydrothermal synthesis of nanocrystalline aluminium hydroxide and technologies of its application in various fields. <i>Yu.A. Mazalov, A.V. Fedotov, E.V. Shcheglov, A.V. Bersh, A.V. Lisitsyn, L.V. Sudnik</i> . . . . .	16
Sorbition and shielding properties nanodiamond composition. <i>E.I. Kondratenko, N.Y. Lipson, N.A. Lomteva, S.K. Kasimova, S.K. Gordeev, S.A. Korchagina</i> . . . . .	20
Fractal structures' formation in polyvinyl alcohol (PVA) – carbon nanofibers (CNF) nanocomposite. <i>I.V. Zolotukhin, S.A. Soldatenko, A.V. Uskov</i> . . . . .	24
Asymmetrical cumulative processes near the dust particle in plasma. <i>Ph.I. Vysikaylo, S.V. Mitin, A.S. Tivkov</i> . . . . .	28
Positronics and nanotechnologies: possibilities of studying of nanoobjects in technically important materials by method of positron annihilation spectroscopy. <i>V.I. Grafutin, E.P. Prokopiev, S.P. Timoshenkov, Yu.V. Funtikov</i> . . . . .	33
Kinetics of ion channeling in hexagonal superlattices, consisting of carbon nanotubes. <i>S.I. Matyukhin</i> . . . . .	43
Corona-resistant polyimide insulation of high-voltage machines. <i>A.I. Drachev, V.M. Pak</i> . . . . .	46
Development of nanodisperse antiwear compounds for increase of dynamic adaptation and operating characteristics of diesel-generator sets. <i>S.A. Polyakov, Khazov S.P., Sokolov I.A., Zaitseva K.V.</i> . . . . .	50
State control of the constructional materials and products optical measuring technologies and their application for the technical. <i>I.P. Mirosnichenko, F.G. Serkin, V.P. Sizov</i> . . . . .	56
Scientific developments in nanotechnologies in the interests of agro-industrial complex. <i>V.F. Fedorenko</i> . . . . .	59
Obtaining carbon metal-containing nanostructures for modification of materials applied in agro-industrial complex. <i>N.V. Semakina, V.I. Kodolov, Yu.M. Vasilchenko, L.F. Ahmetshina, D.A. Shklyayeva</i> . . . . .	62
On development of nanobiotechnologies in processing branches of agro-industrial complex. <i>L.V. Rimareva</i> . . . . .	65
Nanotechnologies and nanoprocesses in food production. <i>I.T. Smykov</i> . . . . .	68
Nanostructural features of leather material produced with radio frequency plasma treatment. <i>I.S. Abdullin, E.F. Voznesensky, I.V. Krasina, G.N. Kulevsov, L.R. Janbekova</i> . . . . .	75
Electro-physical properties of concrete with nanoscale additives. <i>M.P. Sumets, L.A. Bityutskaya, G.I. Kotov</i> . . . . .	78
Magnetic resonance in nanoparticles: between ferro- and paramagnetism. <i>V.A. Atsarkin, V.V. Demidov, N.E. Noginova</i> . . . . .	81
NEWS . . . . .	88
ANNOTATION . . . . .	99
ACTUAL INFORMATION . . . . .	103
SUBJECT INDEX . . . . .	108

ISSN 1816-4498

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

115184, Москва, Б.Татарская ул., д.38

Сдано в набор 13.10.2008. Подписано в печать 06.11.2008

Формат 60x90<sup>1</sup>/<sub>8</sub> Бумага офсетная №1.

Уч.-изд. л. 13,5. Физ. п. 13,5. Тираж 500. Заказ № 1109

ООО Издательство «Янус-К».

127411, Москва, ул. Учинская, д.1

Отпечатано в ФГУП

«Производственно-издательский комбинат ВИНТИ»

140010, Люберцы, Октябрьский пр-кт, 403

Редакционный совет

Председатель:

Ананян М.А, д.т.н., ген.директор

Концерна «Наноиндустрия»

Члены совета:

Андриевский Р.А, д.т.н., проф., член совета РАН

по наноматериалам; Быков В.П, д.ф-м.н., проф.;

Пролейко В.М, проф.; Сергеев Г.Б, д.х.н., проф.;

Цирлина Г.А, д.х.н., проф.;

Четверушкин Б.Н, д.ф-м.н., член-корр РАН;

Левин А.С., отв. секретарь

Номер готовили:

Сапожников Ю.Т., Свидиненко Ю.Г.

### **Формирование металлполимерных композиций на основе поливинилпирролидона и наночастиц золота**

*А.И. Лоскутов,  
В.В. Высоцкий, О.Я. Урюпина*

Методом СТМ исследованы закономерности формирования металлполимерных композиций на основе поливинилпирролидона и наночастиц золота из коллоидных дисперсий, которые были нанесены на поверхности пленок золота. В результате самосборки наночастиц золота образуется коллоидный квазикристалл, состоящий из полислоев плотноупакованных и ориентированных наночастиц. Степень выраженности текстуры слоя составляет 20–40%, а фрактальная размерность поверхности слоя 2,7–2,8. Все наночастицы золота имеют эллипсоидальную форму или форму неправильных стержней с аспектным отношением (АО) 2–6. Средние размеры наночастиц зависят от природы использованного восстановителя (танин или формальдегид) и составляют 20–30 нм. Проведено сравнение размеров наночастиц, измеренных в растворе методом динамического рассеяния света (ДРС), и в твердой фазе методом СТМ. Обозначены границы применимости метода ДРС для определения размеров наночастиц в зависимости от величины АО наночастиц. Сделан вывод, что основной вклад в распределение наночастиц по размерам вносят процессы, протекающие в дисперсиях. Обнаружено фасетирование реальной поверхности наночастиц, которое зависит от химической природы компонентов раствора. Сформированный металлполимерный слой обладает нелинейными локальными туннельными вольтамперными характеристиками. Основным механизмом переноса заряда в системе металл – наноконпозиционный слой – металл является механизм Пула-Френкеля.

### **Исследование наноконпозитивов на основе опалов с помощью комплекса нанотехнологического оборудования «Умка»**

*Н.О. Алексеева, В.Л. Вейсман,  
А.Е. Лукин, В.Н. Марков,  
С.В. Панькова, В.Г. Соловьев,  
В.А. Ткаль, М.В. Яников*

Изображения образца полупроводникового наноконпозиционного материала o-InSb, содержащего наночастицы антимонида индия в регулярной пористой матрице опала, получены методом сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) с помощью комплекса нанотехнологического оборудования «Умка-02-Е» концерна «Наноиндустрия». Для улучшения качества СТМ-изображений использовался вейвлет-анализ.

СТМ-изображения образцов сопоставлены с их изображениями, полученными методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Наблюдаемое сходство СТМ- и СЭМ-изображений подтверждает перспективность использования СТМ для исследования наноконпозиционных материалов на основе опалов.

### **Сорбционные и экранирующие свойства наноалмазного композиционного материала**

*Е.И. Кондратенко, Н.Ю. Липсон,  
Н.А. Ломтева, С.К. Касимова,  
С.К. Гордеев, С.А. Корчагина*

Изучены сорбционные и возможные экранирующие свойства взвеси нанопористого материала при внутрижелудочном введении самкам крыс на фоне токсического действия раствора хлорида кадмия. Рассмотрено влияние нанопористого материала, активированного угля, раствора хлорида кадмия на процессы перекисного окисления липидов в гомогенатах тканей печени, щитовидной железы и надпочечников, а также относительная масса щитовидной железы, надпочечников и яичников.

## **Формирование фрактальных структур в композиции поливиниловый спирт (ПВС) – углеродные нановолокна (УНВ)**

*И.В. Золотухин,  
С.А. Солдатенко, А.В. Усков*

Изучалась структура нанокomпозиционного материала поливиниловый спирт (ПВС) – углеродные нановолокна (УНВ). Показано, что в дисперсионном растворе в результате броуновского движения УНВ формируются в виде глобулярных и звездообразных скоплений размером 500–800 нм, которые затем являются основой для макроскопических фрактальных структур с размерностью  $D = 1,17 - 1,75$ . Эффективный коэффициент диффузии скоплений УНВ в поливиниловом спирте в процессе образования фрактальных структур, который оказался очень высок и на порядок превышает обычные коэффициенты диффузии в жидких средах, достигая значений  $D = 6 \cdot 10^{-4}$ .

## **Асимметричные кумулятивные процессы на пылевой частице в плазме**

*Ф.И. Высикайло,  
С.В. Митин, А.С. Тивков*

Обсуждается возможность создания и применения активных (реактивных) сред, в которых происходит самосборка реактивных «микродвигателей» на заряженных пылевых частицах. Доказано, что у поверхности заряженных пылевых частиц в плазме могут развиваться и усиливаться процессы асимметричной ионизации и кумуляции электрического поля, электронных и ионных потоков. В области кумуляции возникает асимметрия в нагреве поверхности частицы и в передаче ей импульса ионами, в результате чего пылевая частица двигается в плазме с высокой скоростью в направлении от асимметричного нагрева. Явление может оказаться перспективным для увеличения адгезии напыляемых частиц, управления их потоками и увеличения скорости напыления порошками и иными микро и наночастицами.

## **Позитроника и нанотехнологии: возможности изучения нанобъектов в технически важных материалах методом позитронной аннигиляционной спектроскопии**

*В.И. Графутин, Е.П. Прокопьев,  
С.П. Тимошенко, Ю.В. Фунтиков*

Показано, что одним из эффективных современных методов определения радиусов нанодфектов (вакансий, вакансионных кластеров), свободных объемов пор, полостей, пустот и их концентраций в наноматериалах и других технически важных материалах является метод позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС). Дан краткий обзор экспериментальных исследований нанодфектов в ряде наноматериалов: в кремнии и в монокристаллах кварца, облученных протонами и в пористом кремнии.

## **Кинетика каналирования ионов в гексагональных сверхрешетках, образованных углеродными нанотрубками**

*С.И. Матюхин*

Представлены результаты исследования кинетики каналирования ионов в гексагональных сверхрешетках (жгутах), образованных однослойными хиральными и нехиральными углеродными нанотрубками близкого радиуса. Показано, что изучение деканалирования ионов из таких сверхрешеток позволяет экспериментально определить их качественный и количественный состав. Получены простые аналитические формулы для вероятности остаться в режиме каналирования и функции деканалирования ионов из сверхрешеток.

## **Оптические измерительные технологии и их применение для контроля технического состояния конструкционных материалов и изделий**

*И.П. Мирошниченко,  
А.Г. Серкин, В.П. Сизов*

Представлены результаты теоретико-экспериментального обоснования перспективных интерференционных методов и средств измерения длин и перемещений.

## **Получение углеродных металлсодержащих наноструктур для модификации материалов, применяемых в агропромышленном комплексе**

*Н.В. Семакина,  
В.И. Кодолов, Ю.М. Васильченко,  
Л.Ф. Ахметшина, Д.А. Шкляева*

Представлена технологическая схема производства углеродных металлсодержащих нанопродуктов. Приведен технологический регламент получения наноструктур. Описаны свойства конечного нанопродукта, обоснована эффективность его использования в агропромышленном комплексе.

## **О развитии нанобиотехнологий в перерабатывающих отраслях АПК**

*Л.В. Римарева*

ГНУ ВНИИ пищевой биотехнологии Россельхозакадемии уже более полувека разрабатывает нанобиотехнологии, базирующиеся на биосинтетических, биокаталитических и мембранных процессах, с использованием новых активных штаммов микроорганизмов-продуцентов ферментов, белка, органических кислот и биоспиртов.

Применение регулируемого биокатализа полимеров сельскохозяйственного сырья обеспечивает возможность направленно модифицировать его структуру и получать нанообъекты с новыми физико-химическими и структурно-функциональными свойствами, способствующими интенсификации биотехнологических процессов, повышению выхода, качества и сохранности готовой продукции в пищевой промышленности, созданию новых продуктов функционального назначения, лечебно-профилактических средств и БАД.

## **Особенности наноструктуры кожевенного материала, полученного с применением высокочастотной плазменной обработки**

*И.Ш. Абдуллин,  
Э.Ф. Вознесенский, И.В. Красина,  
Г.Н. Кулецов, Л.Р. Джанбекова*

Статья посвящена исследованиям в области применения высокочастотной плазмы пониженного давления в кожевенном производстве. Рассмотрены особенности наноструктуры кожевенного материала, полученного с применением плазменной обработки. Приведена графическая модель, иллюстрирующая влияние структурных изменений кожевенного материала на его пористость и технологические свойства.

## **Электрофизические свойства бетона с наноразмерными добавками**

*М.П. Сумец,  
Л.А. Битюцкая, Г.И. Котов*

Методами вольтамперометрии и сканирующей электронной микроскопии исследованы бетонные образцы, содержащие углеродные наноразмерные добавки. Установлено, что введение в бетон этих добавок приводит к значительному уменьшению пористости и электропроводности образцов. Определены значения подвижности и коэффициента диффузии ионов.

## **Магнитный резонанс в наночастицах: между ферро- и парамагнетизмом**

*В.А. Ацаркин,  
В.В. Демидов, Н.Е. Ногинова*

Методом электронного магнитного резонанса (ЭМР) исследована спиновая динамика и релаксация в наночастицах  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (размер около 5 нм) при температурах 77–350 К. Основной спектр ЭМР содержит, наряду с широкой линией ( $\Delta B = 500 - 1000$  Гс), также узкую компоненту ( $\Delta B \sim 30$  Гс), интенсивность которой уменьшается при охлаждении по активационному закону. Обнаружены «запрещенные» кратные резонансы в магнитных полях  $B_0/k$  ( $k = 2, 3, 4$ ). Совокупность экспериментальных данных описывается квантовой моделью магнитной наночастицы, рассматриваемой как обменный кластер с заселением нижнего спинового мультиплета.

---

## Sorption and shielding properties nanodiamond composition

*E.I. Kondratenko, N.Y. Lipson,  
N.A. Lomteva, S.K. Kasimova,  
S.K. Gordeev, S.A. Korchagina*

We studied sorption and possible shielding properties of a suspension nanodiamond composition at intragastric introduction to female rats on a background of toxic action of a solution of chloride of cadmium. Influence nanodiamond composition, the activated coal, a solution of chloride of cadmium on processes lipid peroxidation in homogenate of liver tissue, a thyroid gland and adrenal glands, and also relative weight of a thyroid gland, adrenal glands and ovary is considered.

## Investigation into opal-based nanocomposites by the «UMKA» complex of nanotechnological equipment

*N.O. Alexeeva, V.L. Veisman,  
A.E. Lukin, V.N. Markov,  
S.V. Pan'kova, V.G. Solovyev,  
V.A. Tkal, M.V. Yanikov*

Scanning tunneling microscopy (STM) images of opal-based semiconductor nanocomposite material o-InSb, containing indium antimonide nanoparticles in opaline regular porous matrix, were recorded by the «UMKA-02-E» complex of nanotechnological equipment from Concern Nanoindustry. To improve the STM image quality, wavelet analysis has been used.

We have compared STM images of the samples with their SEM images. STM and SEM images of the same specimens look similar and demonstrate good consistency. Thus, one could consider STM imaging as an effective prospective method of investigation into the physical properties of opal-based nanocomposite.

## Fractal structures' formation in polyvinyl alcohol (PVA) – carbon nanofibers (CNF) nanocomposite

*I.V. Zolotukhin,  
S.A. Soldatenko, A.V. Uskov*

Polyvinyl alcohol (PVA) – carbon nanofibers (CNF) nanocomposite material's structure has been studied. It was revealed that Brownian motion of CNF results in globular and wye-like formations which are basic for macroscopic fractal structures with fractal dimension of  $D = 1,17 - 1,75$ . Effective diffusion coefficient in PVA exceeded regular diffusion coefficients in liquid medium and appeared to be as high as  $D = 6 \cdot 10^{-4}$ .

## Asymmetrical cumulative processes near the dust particle in plasma

*Ph.I. Vysikaylo,  
S.V. Mitin, A.S. Tivkov*

The processes of asymmetric ionization and cumulation of electric field, as well as development of electron and ion flows can take place in plasma near the surface of the charged dust particles. In the region of asymmetric cumulation, ion and electron flows at the surface of a particle can grow many times over, that leads to an asymmetry heating of a dust particle surface and to an asymmetry of momentum transfer to particle, so a dust particle may move in plasma with high speed.

## Positronics and nanotechnologies: possibilities of studying of nanoobjects in technically important materials by method of positron annihilation spectroscopy

*V.I. Grafutin, E.P. Prokopiev,  
S.P. Timoshenkov, Yu.V. Funtikov*

It is shown, that one of effective modern methods of definition of the nanodefekt sizes (vacancies, vacansion clusters), free volumes of porous, cavities, emptiness in nanomaterials and porous systems is the method of positron annihilation spectroscopy (PAS). Examples of definition of the sizes and concentration of porous and free volumes in porous silicon, silicon and the monocrystals of quartz irradiated by protons are resulted.

### **Kinetics of ion channeling in hexagonal superlattices, consisting of carbon nanotubes**

***S.I. Matyukhin***

The results of investigation of kinetics of ion channeling in hexagonal superlattices (ropes), consisting of single-wall chiral and nonchiral carbon nanotubes with comparable radius are represented. It's shown, that the study of ion dechanneling from such superlattices allows to find experimentally their qualitative and quantitative composition. The simple analytical formulas for probability to stay in the channeling mode and dechanneling function for ions in superlattices are obtained.

### **Optical measuring technologies and their application for the technical state control of the constructional materials and products**

***I.P. Miroshnichenko,  
F.G. Serkin, V.P. Sizov***

There have been given the results of the theoretically experimental justification for the promising interference methods and means for the length and displacement measuring.

### **Production of carbon metal containing nanostructures for modification of materials, using in agro-industrial complex**

***N.V. Semakina,  
V.I. Kodolov, Y.M. Vasilchenko,  
L.F. Ahmetshina, D.A. Shklyieva***

The technological scheme of the production of carbon metal containing nanoproducts is proposed. The technological regulation of the production of nanostructures is adduced. The characteristics of the nanoproduct are described. Moreover, its efficiency of using in agro-industrial complex is proved.

### **Nanostructural features of leather material produced with radio frequency plasma treatment**

***I.S. Abdullin,  
E.F. Voznesensky, I.V. Krasina,  
G.N. Kulevtsov, L.R. Janbekova***

Article is devoted to the researches in application of radio frequency plasma of the lowered pressure in leather production. Nanostructural features of leather material produced with radio frequency plasma treatment is considered. To illustrate influence of the structural modification of leather material to its porousness and technological properties, the graphic model is presented.

### **Electrophysical properties of concrete with nanodimensional additives**

***M.P. Sumets, L.A. Bitjutskaia,  
G.I. Kotov***

Methods volt-ampere measurements and scanning electronic microscopy investigate the concrete samples containing carbon nanodimensional the additives. It is established that conducting in concrete of these additives leads to considerable reduction of porosity and electroconductivity samples. Values of mobility and factor of diffusion of ions are defined.

### **Magnetic resonance in nanoparticles: between ferro - and paramagnetism**

***V.A. Atsarkin,  
V.V. Demidov, N.E. Noginova***

Spin dynamics and relaxation in the  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles (size about 5 nm) have been studied with the Electron Magnetic Resonance (EMR) technique at temperatures of 77–350 K. The main EMR spectrum consists of a broad line (with the width of  $\Delta B = 500 - 1000$  G) and, additionally, a narrow feature ( $\Delta B \sim 30$  G) with its intensity decreasing with activation law upon cooling. "Forbidden" (multiple quantum) resonances have been observed in the magnetic fields of  $B_0/k$  ( $k = 2, 3, 4$ ). The experimental data are described with a quantum model where the magnetic nanoparticle is considered as an exchange-coupled cluster with the lowest spin multiplet populated.