

# ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНОЙ МАГНИТНОЙ НАНОЧАСТИЦЫ.

ст. преп. Лютый Т.В., студ. Поляков А.Ю., студ. Рот-Серов А.В.

Исследование свойств нанообъектов является одной из приоритетных задач современной физики. Прежде всего, это связано с бурным развитием нанотехнологий, внедрение которых способно произвести революцию во многих отраслях общественного производства. Одним из наиболее интересных для изучения нанообъектом является однодоменная ферромагнитная частица. С практической точки зрения данный интерес объясняется перспективами создания компактных и емких магнитных накопителей на базе композитных материалов состоящих из однодоменных частиц, внедренных в немагнитную непроводящую матрицу. Основным информационным признаком, формирующим бит информации в указанных устройствах, является направление магнитного момента наночастицы. В связи с этим вопрос о тепловой стабильности магнитного момента имеет непосредственное отношение к надежности хранения информации.

Одним из наиболее эффективных способов противодействия тепловым флуктуациям есть покрытие ферромагнитной наночастицы антиферромагнитной оболочкой с большим полем анизотропии [1]. Взаимодействие пограничных спинов частицы и покрытия будет обуславливать стабилизацию направлений спинов ферромагнетика вдоль определенного направления. Данное явление принято называть обменной анизотропией и характеризовать величиной эффективного поля, называемого обменным полем смещения.

Естественно, такое эффективное поле будет определяться внутренним строением наночастицы, а его теоретическое описание является сложной задачей. В таких случаях актуальным становится численное моделирование, которое целесообразно на начальных этапах проводить на низкоразмерных системах с целью экономии компьютерного времени.

В настоящей работе представлены результаты численного изучения явления гистерезиса в двумерной решетке спиновых магнитных моментов, лежащих в плоскости распределения и ограниченных круговой областью заданного размера. Гамильтониан  $H$  такой системы записывается в виде

$$H = -J_{FM} \sum_{\langle i, j \in FM \rangle} \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j - \sum_{i \in FM} K_{iFM} (\mathbf{S}_i \cdot \mathbf{e}_i)^2 - J_{AM} \sum_{\langle i, j \in AM \rangle} \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j - \sum_{i \in AM} K_{iAM} (\mathbf{S}_i \cdot \mathbf{e}_i)^2 - J_{IF} \sum_{\langle i \in FM, j \in AM \rangle} \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j - \mathbf{h} \cdot \sum_i \mathbf{S}_i, \quad (1)$$

здесь  $J_{FM}$  – константа обменного взаимодействия для ферромагнитного ядра,  $J_{AM}$  – константа обменного взаимодействия для антиферромагнитной оболочки,  $J_{IF}$  – константа обменного взаимодействия для спиновых моментов пограничного слоя,  $\mathbf{S}_i$  – вектор спинового магнитного момента,  $K_{iFM}$  – константа анизотропии ферромагнитного ядра,  $K_{iAM}$  – константа анизотропии антиферромагнитной оболочки,  $\mathbf{e}_i$  – орт, указывающий направления осей анизотропии,  $\mathbf{h}$  – внешнее поле.

С помощью разработанного алгоритма, ядром которого является метод Метрополиса [2] было создано универсальное приложение с помощью интегрированной инструментальной среды C++ Builder 6.0, позволяющее всесторонне изучать явление однонаправленной анизотропии. На базе данных программных средств были изучены зависимости величины обменного поля смещения

от температуры, размеров наночастицы, а также константы обменного взаимодействия  $J_{IF}$  в пограничном слое.

В частности было продемонстрировано, что однонаправленная анизотропия есть результатом комплекса поверхностных эффектов, поскольку эффективное поле обменного смещения

$$H_{EB} = (H_{cl} + H_{cr})/2 \quad (2)$$

существенно зависит от геометрических параметров наночастицы, в частности ее размеров. Здесь  $H_{cr}$   $H_{cl}$  – соответственно положение правого и левого фронтов петли гистерезиса. При этом роль играет не только изменение удельного вклада поверхностного слоя в суммарную энергию взаимодействия с ростом размера наночастицы. Изменение радиуса наночастицы на один период решетки может приводить к существенному переформатированию поверхностного слоя, что является причиной немонотонной зависимости поля смещения от размеров наночастицы.

Также было показано, что зависимости величин коэрцитивной силы

$$H_C = (H_{cr} - H_{cl})/2 \quad (3)$$

и обменного поля смещения  $H_{EB}$  от константы обменного взаимодействия имеют нелинейный характер. Установлено, что коэрцитивность  $H_C$  частицы есть очень чувствительной к взаимодействию спинов ее ферромагнитного ядра со спинами оболочки. В связи с этим наночастица с покрытием перемагничивается меньшим внешним полем.

[1] V. Skumryev, Nature, **423**, 850 (2003).

[2] Х. Гулд, Я. Тобочник Компьютерное моделирование в физике: в 2-х частях. – М.: Мир, 1990.