

# ЭФФЕКТ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНОГО МОМЕНТА ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

проф. Денисов С.И., ст. преп. Лютый Т.В.

Определяющим свойством ферромагнитной наночастицы есть ее магнитный момент  $m$ , а вопрос о стабильности его ориентации вдоль равновесных направлений является значимой и интересной задачей. Во-первых, она затрагивает такие важные с фундаментальной точки зрения темы как макроскопическое туннелирование магнитного момента, его стохастическая и нелинейная динамика. Во-вторых, данный вопрос имеет очевидный прикладной интерес, поскольку имеет прямое отношение к обоснованию принципов работы перспективных магнитных накопителей с перпендикулярной записью [1].

Предметом исследования настоящей работы является влияние циркулярно поляризованного магнитного поля стабильность прецессии магнитного момента наночастицы. Мотивацией этого исследования есть тот факт, что вследствие естественной прецессии, которая всегда происходит против часовой стрелки (если смотреть в конец вектора магнитного момента), внешнее поле данного вида снимает вырождение между равновесными направлениями магнитного момента, обусловленными одноосной анизотропией. Это утверждение является достаточно нетривиальным, поскольку по условию задачи вращающееся поле не имеет как постоянной компоненты, так и отличной от нуля проекции вдоль оси легкого намагничивания [2].

Исходя из детерминистического уравнения Ландау-Лифшица, и переходя в систему координат, связанную с вращающимся магнитным моментом, было получено алгебраическое уравнение, описывающее зависимость

проекции приведенного магнитного момента  $u_z = (\mathbf{m} \mathbf{e}_z)/m$  на ось  $z$ , направленную вдоль легкой оси частицы, от приведенной амплитуды вращающегося поля

$$\tilde{h} = \frac{\sqrt{1-u_z^2}}{u_z} \sqrt{(u_z - \rho\kappa)^2 + (\lambda\kappa u_z)^2}. \quad (1)$$

Здесь  $\tilde{h} = h/H_a$ ,  $H_a$  – эффективное поле анизотропии  $\kappa = \tilde{\omega}/(1+\lambda^2)$ ;  $\rho = \pm 1$  в зависимости от поляризации (направления вращения) поля;  $\tilde{\omega} = \omega/\gamma H_a$ ,  $\omega$  – циклическая частота поля;  $\lambda$  – параметр затухания,  $\gamma$  – гиромагнитное отношение. Вследствие неоднозначности указанной зависимости (см. рис.1.), возникает необходимость поиска критерия устойчивости прецессии магнитного момента, с помощью которого можно определить два решения уравнения (1), отвечающих реальной ситуации.

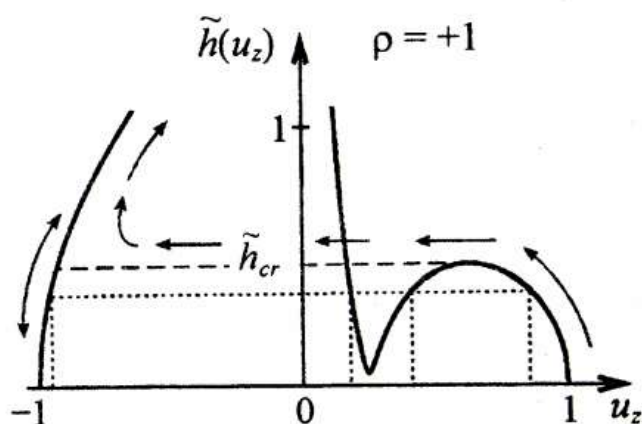


Рис.1. Неоднозначная зависимость намагниченности частицы от амплитуды вращающегося поля.

Поиск данного критерия базируется на решении линеаризованного уравнения Ландау-Лифшица для малого отклонения магнитного момента от равновесного положения. Введение

еще одной вращающейся системе координат позволило свести последнее к системе 2-х линейных дифференциальных уравнений. Устойчивость их решений связывается в таких ситуациях, как правило, с существованием тривиального (нулевого) решения. Далее по известной процедуре составляется характеристическое уравнение, анализ корней которого и позволяет определить области решений (1), для которых прецессия магнитного момента будет асимптотически устойчива.

Зависимость, приведенная на рис. 1 показывает, что для магнитного момента находящегося около одного из равновесных направлений, прецессия будет устойчивой не для всех значений амплитуды вращающегося поля. Из вышесказанного следует существование **эффекта переключения** магнитного момента из одного состояния в другое под действием внешнего поля такого типа. Данный вывод есть неординарным, поскольку вращающееся поле не имеет постоянной компоненты, и из общих соображений не должно намагничивать наночастицу вдоль ее легкой оси. При этом скачкообразное изменение состояния может быть спровоцировано незначительным изменением амплитуды внешнего поля. В качестве возможных практических применений описанного эффекта следует выделить создание экспериментальных методов исследования ансамблей наночастиц, позволяющих точно определять топологию магнитостатических полей, а также новых способов записи информации, основанных на селективном воздействии на магнитные моменты наночастиц в зависимости от их направлений.

Работа выполнена в рамках проекта "NANOSPIN", контракт № NMP4-CT-2004-013545.

- [1] Moser A. // J. Phys. D: Appl. Phys. –2002. –Vol.35. –R157.  
[2] Denisov S.I., Lyutyu T.V., Hänggi P., Trohidou K.N. // Phys. Rev. B. – 2006. – Vol. 74, 104406.