

## Работы А.С. Боровика-Романова, М.П. Орловой и И.Е. Дзялошинского о слабом ферромагнетизме и пьезомагнетизме

В 1916 году в природном гематите  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  была обнаружена спонтанная намагниченность, величина которой оказалась на несколько порядков меньше чем у ферромагнитного железа [1]. Однако, только почти через сорок лет на примере другого соединения  $\text{NiF}_2$  было экспериментально доказано, что данный эффект обусловлен не наличием магнитных примесей или других неоднородностей магнитной структуры, а является термодинамическим свойством [2]. Особенно убедительно это продемонстрировали А.С. Боровик-Романов и М.П. Орлова [*Магнитные свойства карбонатов кобальта и марганца*, ЖЭТФ **31**, 579 (1956)], проведя магнитостатические исследования высококачественных поликристаллов  $\text{MnCO}_3$  и  $\text{CoCO}_3$ , в которых спонтанный момент оказался на 1-2 порядка больше чем в других системах. В этой работе было высказано предположение о том, что малый ферромагнитный момент может возникать за счет небольшого скаса антиферромагнитных подрешеток. Объяснение этого эффекта было предложено И.Е. Дзялошинским. Он показал, что в рассматриваемых кристаллах в обменном приближении возникает антиферромагнитная структура, но, благодаря релятивистскому взаимодействию, возможно ее искажение, приводящее к появлению ферромагнитного момента. Расчет в рамках теории фазовых переходов Ландау показал, что величина момента должна быть мала по сравнению с намагниченностью обычного ферромагнетика [*Термодинамическая теория слабого ферромагнетизма антиферромагнетиков*, ЖЭТФ **32**, 1547 (1957)]. Объяснение взаимодействия Дзялошинского-Мория (названного также по имени японского физика Т. Мория, указавшего его микроскопическую природу [3]) приобрело принципиальное значение для актуальных направлений современного магнетизма, включая физику мультиферроиков, спинтронике и многие другие.

Этот же подход позволил Дзялошинскому предсказать другое интересное явление – пьезомагнетизм. Он рассмотрел условия, при которых симметрия упорядоченного магнетика допускает существование инвариантов линейных по магнитному полю и компонентам тензора напряжений [*К вопросу о пьезомагнетизме*, ЖЭТФ **33**, 807 (1957)]. Экспериментальное открытие пьезомагнетизма в антиферромагнитных  $\text{MnF}_2$  и  $\text{CoF}_2$  принадлежит А.С. Боровику-Романову. Сконструировав специальные торсионные весы с прессом, он обнаружил появление спонтанного магнитного момента при сжатии образцов в теоретически предсказанных направлениях [*Пьезомагнетизм в антиферромагнитных фторидах кобальта и марганца*, ЖЭТФ **38**, 1088 (1960)]. В совокупности, эти работы стали замечательным примером сотрудничества экспериментаторов и теоретика.

[1] T.T. Smith, Phys. Rev. **8**, 721 (1916).

[2] L.M. Mataresse, J.W. Stout, Phys. Rev. **94**, 1792 (1954).

[3] T. Moriya, Phys. Rev. **120**, 91 (1960).

Л.А. Прозорова, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник ИФП им. П.Л. Капицы  
С.С. Сосин, к.ф.-м.н., член редколлегии ЖЭТФ, старший научный сотрудник ИФП им.  
П.Л.Капицы