

N. Kurti, [\*Cooling by Adiabatic Demagnetization of Nuclear Spins\*](#), *Cryogenics* 1, 2 (1960);

дополнение: W. F. Giaque and D. P. MacDougall, [\*Attainment of Temperatures Below 1° Absolute by Demagnetization of Gd<sub>2</sub>\(SO<sub>4</sub>\)<sub>3</sub>·8H<sub>2</sub>O\*](#), *Phys. Rev.* 43, 768 (1933)

В 30-ых годах прошлого столетия основным методом достижения низких температур порядка 1 К являлось использование паров жидкого He<sup>4</sup>. Данный метод имел свои практические ограничения, поскольку давление насыщенного пара падает с уменьшением температуры. Независимо друг от друга Питер Дебай [1] и Уильям Джиок предложили концептуально новый метод достижения сверхнизких температур – размагничивание парамагнитных солей (аналог магнитокалорического эффекта). Впервые работоспособность этой идеи была продемонстрирована экспериментально в группе Джиока в Калифорнийском университете. С использованием солей сульфата гадолиния удалось охладить экспериментальный образец до температуры порядка 0.2 К. Метод, использованный ими был основан на спиновой степени свободы электронов, однако имел принципиальное ограничение, поскольку при температурах порядка 10 мК из-за взаимодействия спинов друг с другом происходит спонтанное упорядочение.

Принципиально новым решением было бы использование спина ядра, что успешно было продемонстрировано в работе Николя Курти 1960 г. Помимо убедительного доказательства принципиальной возможности охлаждения при помощи ядерной степени свободы были сформулированы также фундаментальные ограничения и практические проблемы: осуществление теплового контакта с кристаллической решеткой, влияние времени спиновой релаксации, а также проблема наличия вихревых токов. Статью Курти, объединившую предыдущий опыт физиков – криогенщиков, можно считать отправной точкой к развитию метода охлаждения при помощи ядерного размагничивания. В дальнейшем методы, разработанные в данной работе, применялись для достижения температур порядка 1 мК и существенно повлияли на развитие криогенной техники.

[1] Debye, P. (1926), Einige Bemerkungen zur Magnetisierung bei tiefer Temperatur. *Ann. Phys.*, 386: 1154-1160. <https://doi.org/10.1002/andp.19263862517>