

ОПЫТЫ С ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ЯДРАМИ

Угловое распределение радиоактивного излучения образца, содержащего неориентированные ядра, обладает сферической симметрией; в отличие от этого радиоактивное излучение ориентированных ядер анизотропно.

Теоретически было показано¹, что, во-первых, анизотропия в угловом распределении радиоактивного α -, β - или γ -излучения имеет место при ядерном спине $I \geq 1$; во-вторых, интенсивность радиоактивного излучения на единицу телесного угла под углом ϑ к оси квантования ядерных спинов зависит лишь от $\cos^2 \vartheta$ (интенсивность $F(\vartheta)$ оказывается полиномом следующего вида: $F(\vartheta) = a_0 + a_2 \cos^2 \vartheta + a_4 \cos^4 \vartheta + \dots$, где коэффициенты a_2, a_4 зависят от ядерной квадрупольной ориентации g и обращаются в нуль при $g = 0$).

В одной из реферируемых работ² изучалось угловое распределение γ -излучения ядер Ni^{60} (причём ядра Ni^{60} получались от ориентированных ядер Co^{60} посредством β -распада).

В качестве исследуемого образца авторы брали монокристалл разбавленной туттоновской соли Rb_2 (1% Co, 12% Cu, 87% Zn) $(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

Ионы меди играют роль охлаждающих агентов (при адиабатическом размагничивании), цинк добавляется для уменьшения локального магнитного поля на ионах Со и Си (ион цинка диамагнитен); благодаря уменьшению этого локального поля при размагничивании достигаются значительно более низкие температуры, чем в случае неразбавленной цинком соли.

Ориентация ядер Со⁶⁰ достигается в данной работе с помощью метода анизотропного спин-спин взаимодействия (см. предыдущий реферат). Производится адиабатическое размагничивание вышеприведённой соли от начального $\frac{H}{T} = 30 \frac{\text{килоэрстед}}{^\circ\text{К}}$ до нулевого поля. Получаемая при этом конечная температура примерно равна 0,02° К.

Прежде чем описать рассматриваемые эксперименты, разберём кратко некоторые данные о кристаллической структуре туттоновских солей. Элементарная ячейка туттоновских солей содержит два двухвалентных иона. Кристаллографические исследования и анализ экспериментальных данных по парамагнитному резонансному поглощению указывают на то, что каждый из них находится в электрическом поле (вызванном соседними ионами), обладающем приблизительно тетрагональной симметрией. Угол между тетрагональными осями двух ионов приблизительно равен 75° (для рубидиево-кобальтовой туттоновской соли; угол будет, повидимому, примерно таким же и для соли, применяемой в рассматриваемых экспериментах).

Таким образом, применяемый авторами образец содержит две неэквивалентные совокупности ионов Со с двумя различными осями квантования ядерного спина. Осью квантования ядерного спина Со является тетрагональная ось симметрии электрического поля на данном ядре.

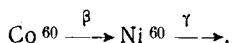
Изучение магнитных свойств туттоновских солей показывает, что одно из главных направлений тензора магнитной восприимчивости (обозначим это направление через K_1) является бессектрисой угла между двумя тетрагональными осями, второе же главное направление (K_2) перпендикулярно к плоскости, содержащей тетрагональные оси. Таким образом, интенсивность излучения вдоль K_1 даст величину, пропорциональную $F(\alpha)$ (где $\alpha = 37,5^\circ$), а интенсивность вдоль K_2 — величину, пропорциональную $F\left(\frac{\pi}{2}\right)$.

Перейдём теперь к описанию самих опытов. Монокристалл соли весом 4 г, содержащий 70 микроюри Со⁶⁰, помещается в криостат, в котором проводится адиабатическое размагничивание. По обеим сторонам вдоль направлений K_1 и K_2 ставится по одному гейгеровскому счётчику, которые измеряют интенсивность γ -излучения (по каждой паре противоположно расположенных "счётчиков" проводится усреднение) $F(\alpha)$ и $F\left(\frac{\pi}{2}\right)$.

Числа отсчётов брались через каждые 10 секунд; параллельно измерялась восприимчивость соли (для определения температуры). Температура соли непрерывно росла вследствие нагревания энергией, выделяемой при β -распаде. Образец находился при достаточно низкой температуре лишь в течение 5 минут (после размагничивания).

В результате опытов авторы определили зависимость $\frac{F\left(\frac{\pi}{2}\right)}{F(\alpha)}$ от T до температуры около 0,02° К. Оказалось, что при $T > 0,2^\circ$ К эта величина равна единице (т. е. излучение изотропно), при дальнейшем же уменьшении температуры она растёт, достигая значения 1,45 при температуре около 0,01 — 0,025° К.

Отметим, что γ -лучи испускаются не непосредственно кобальтом, а по следующей схеме:



Если при β -переходе имеет место изменение ядерного спина, то это вызовет некоторое уменьшение степени ориентации, однако авторы указывают, что теоретическое рассмотрение показывает малость этого эффекта.

Аналогичные эксперименты, на которых мы останавливаться не будем, описаны в другой работе³.

Наибольший интерес представляли бы реакции с ориентированными ядрами и поляризованными нейтронами. Результаты таких опытов дали бы много ценных сведений о спиновой зависимости ядерных сил, об угловых моментах компаунд-ядер и т. д. Такие эксперименты были поставлены⁴, но с отрицательными пока результатами.

Г. Х.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. A. Spiers, Nature **161**, 807 (1948).
2. J. M. Daniels, M. A. Grace a. F. N. H. Robinson, Nature **168**, 780 (1951).
3. C. G. Gorter, O. S. Poppema, M. J. Steenland a. J. A. Bean, Physica **17**, 1050 (1951); C. G. Gorter, H. A. Tohloek, O. J. Poppema, M. J. Steenland a. J. A. Bean, Physica **18**, 195 (1952).
4. M. H. C. Pryce, Proc. int. conf. low temp., Oxford, 1951, стр. 155; C. G. Gorter, там же, стр. 158.