

Я. Г. ДОРФМАН

НОВЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЯДЕРНЫХ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 31 III 1947)

Методы изучения магнитных свойств ядра, разработанные за последние годы⁽¹⁻³⁾ и основанные на так называемом эффекте магнитного резонанса*, приводят к определению лишь отношения $\gamma = M/J$ (где M — магнитный момент, J — момент количества движения ядра). Для того чтобы затем установить магнитный момент M , этим авторам приходится пользоваться значениями J , полученными с помощью спектральных исследований. Поэтому магнитные моменты многих ядер до сих пор неизвестны, хотя γ для них определено. Между тем, и магнитные моменты ядер (M порядка 10^{-23} — 10^{-24}), и доля магнитной восприимчивости χ_n , обусловленная ориентацией ядерных спинов в постоянном магнитном поле (χ_n порядка 10^{-10} — 10^{-13}), могли бы быть измерены непосредственно с помощью обычных магнитных методов исследования, если бы магнетизм ядер не перекрывался значительно превосходящим его магнетизмом электронных оболочек атомов. Мы поставили себе задачей разработать такой магнитный метод измерения χ_n , который позволил бы автоматически исключить это влияние электронных оболочек.

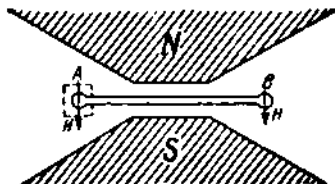


Рис. 1

Предлагаемый нами резонансный метод использует то обстоятельство, что при наложении слабого переменного поля H' частоты ν_n перпендикулярно к сильному постоянному полю H ядерные спины должны прецессировать в экваториальной плоскости, перпендикулярной к направлению H , и, следовательно, парамагнетизм ядерных спинов в поле H должен при этом упасть до нуля.

Принципиальная схема нашего метода заключается в следующем.

Пусть, например, изучаемое вещество заключено в ампулку (рис. 1), симметрично расположенную между полюсами электромагнита NS . Концы ампулки A и B расположены в одинаковом неоднородном поле, среднее значение которого обозначим через H . Ампулка находится в равновесии, поскольку ponderomotorные силы, действующие на A и B , взаимно компенсируются. Если теперь создать, например, в объеме A посредством дополнительной катушки слабое поле H' , осциллирующее перпендикулярно к H с частотой ν_n , то доля парамагнетизма, обусловленного ориентацией в поле H ядерных спинов в

* Мы позволим себе здесь напомнить, что эффект магнитного резонанса был теоретически предсказан нами еще в 1923 году⁽⁴⁾.

объеме A , аннулируется, и равенство пондермоторных сил, действующих, соответственно, на A и B , нарушится. Появится новая сила $f = \chi_n v H \frac{dH}{dx}$ (где v — объем A), стремящаяся сдвинуть ампулку влево, которая может быть измерена с помощью, например, чувствительных крутильных весов. Эта сила имеет максимальное значение при $v = v_n$. Измеряя f_{\max} , находим восприимчивость χ_n . Следовательно, опыт дает одновременно и непосредственно:

$$\text{и } v_n = \frac{\gamma \mu_0 H}{h}$$

$$\chi_n = \frac{N \gamma^2 \mu_0^2 J (J + 1)}{3kT},$$

где μ_0 — ядерный магнетон Бора, а N — число атомных ядер данного сорта в единице объема.

Предлагаемый метод использует, таким образом, магнитный резонанс для автоматического выделения магнитной восприимчивости интересующих нас ядерных спинов. Поэтому он принципиально пригоден для любых пара- или диамагнитных веществ и может быть, повидимому, осуществлен с помощью самых разнообразных устройств, которых мы здесь не рассматриваем. Экспериментальная проверка возможностей этого метода нами предпринимается.

Ленинградский
гидрометеорологический институт

Поступило
31 III 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ J. J. Rabi, Phys. Rev., 51, 652 (1937); J. B. Kellogg and S. Millman, Rev. Mod. Phys., 18, 3, 323 (1946). ² E. U. Purcell, H. C. Torrey and R. V. Pound, Phys. Rev., 69, 37 (1946). ³ F. Bloch, W. W. Hansen and M. Packard, ibid., 70, 474 (1946). ⁴ J. Dorfmann, Z. f. Phys., 17, 98 (1923).