

5.10.4. Магнитные моменты легких ядер

Стренадко Виктория

Цель работы: Вычислить магнитные моменты протона, дейтрона и ядра фтора на основе изменения их g-факторов методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Полученные данные сравнить с вычислениями магнитных моментов на основе кварковой модели адронов и одночастичной оболочечной модели ядер.

Теоретическая часть

Полный момент ядра: $\mathbf{I} = \mathbf{L} + \mathbf{S}$, где \mathbf{L} - полный орбитальный момент нуклонов, \mathbf{S} - собственная часть момента количества движения, спин. Полный момент количества движения изолированной системы (ядра) принимает целые или полуцелые значения в единицах \hbar . Для четного числа нуклонов I - целое, для нечетного I - полуцелое. Аналогично, в ядерной физике:

$$\gamma_n = \frac{e}{2Mc} \quad (1)$$

Магнитный момент ядра:

$$\mu = \gamma_n \hbar I = g_n \mu_n I \quad (2)$$

Способы определения углового момента ядра:

1. Сверхтонкая структура оптически спектров.
2. Чередование интенсивностей в полосатых спектрах двухатомных молекул с тождественными ядрами.
3. Ядерные реакции, β - и γ -распады.
4. Ядерный магнитный резонанс. ЯМР - это резонансное поглощение электромагнитной энергии в веществах, обусловленное ядерным переманчиванием. ЯМР наблюдается в постоянном магнитном поле \mathbf{H}_0 при одновременном воздействии на образец радиочастотного магнитного поля, перпендикулярного \mathbf{H}_0 , и обнаруживается по поглощению излучения.

В магнитном поле ядерные уровни расщепляются и под действием внешнего высокочастотного поля могут происходить электромагнитные переходы между компонентами расщепившегося уровня, это явление носит резонансный характер. Различие по энергии между двумя соседними компонентами:

$$\Delta E = \gamma_{\text{яБ}} \mu_{\text{я}} B_0 \quad (3)$$

Частота квантов:

$$f_0 = \frac{\Delta E}{h} = \frac{g \mu_{\text{я}} B_0}{h} \quad (4)$$

Отношение дипольного момента μ ядра к механическому моменту называется гиромагнитным соотношением: $\gamma = g \gamma_0$, где g - фактор Ланде, а за единицу γ_0 принимается гиромагнитное отношение для орбитального движения электрона в атоме: $\gamma_0 = \frac{e}{2m_e c}$

Обработка результатов

	f0	B
1	9,7981	231
2	9,7700	230
3	9,8100	241

Посчитаем g –факторы исследуемых ядер по формуле:

$$g = \frac{f_0 h}{\mu_{\text{я}} B_0} \quad (5)$$

где $h = 6.6254 \cdot 10^{-27}$ эрг с, $\mu_{\text{я}} = 0.505 \cdot 10^{-23}$ эрг.

1. 1 образец (ядра водорода)

$$g = 5.5653 \pm 0.0295$$

$$\mu = (2.79475 \pm 0.0135)\mu_{\text{я}}$$

2. 2 образец (ядра фтора)

$$g = 5.5734 \pm 0.0300$$

$$\mu = (2.78675 \pm 0.0135)\mu_{\text{я}}$$

3. 3 образец (ядра водорода)

$$g = 5.3408 \pm 0.0273$$

$$\mu = (2.67045 \pm 0.0125)\mu_{\text{я}}$$

Вывод:

Мы получили g –факторы для ядер водорода и фтора. По величине они близки к значению g –фактора для протона. Методом магнитного резонанса измерили магнитный момент протона и фтора и получили для протона значения, близкие к табличным и совпадающим в пределах погрешности.