

# Лабораторная работа 10. 4.

## Магнитные моменты лёгких ядер

Лось Денис (группа 618)

7 декабря 2018

**Цель работы:** вычислить магнитные моменты протона, дейтрона и ядра фтора на основе измерения их  $g$ -факторов методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Сравнить полученные данные с вычисленными магнитными моментами на основе кварковой модели адронов и одночастичной оболочечной модели ядер.

### Теоритическая часть

Полный момент ядра:

$$I = L + S$$

где  $L$  — полный орбитальный момент нуклонов,  $S$  — собственная часть количества движения, спин.

Полный момент количества движения изолированной системы (ядра) принимает целые или полуцелые значения в единицах  $\hbar$ . Для чётного числа нуклонов  $I$  — целое, а для нечётного — полуцелое.

Отношение дипольного момента  $\mu$  ядра к механическому моменту называется гиромагнитным соотношением:

$$\gamma = g\gamma_0$$

, где  $g$  — фактор Ланде, а за единицу  $\gamma_0$  принимается гиромагнитное отношение для орбитального движения электрона в атоме:

$$\gamma_0 = -\frac{e}{2m_e c}$$

Аналогично, в ядерной физике:

$$\gamma_n = \frac{e}{2Mc}$$

Магнитный момент ядра:

$$\mu = \gamma_n \hbar I = \gamma_n \mu_n I$$

Способы определения углового момента ядра:

1. Сверхтонкая структура оптических спектров
2. Чередование интенсивностей в полосатых спектрах двух-атомных молекул с тождественными ядрами.
3. Ядерные реакции,  $\beta$  и  $\alpha$  распады.
4. Ядерный магнитный резонанс. ЯМР — это резонансное поглощение электромагнитной энергии в веществах, обусловленное ядерным перемагничиванием. ЯМР наблюдается в постоянном магнитном поле  $H_0$  при одновременном воздействии на образец радиочастотного магнитного поля, перпендикулярного  $H$ , и обнаруживается по поглощению излучения.

В магнитном поле уровни ядра 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:

$$\Delta E = \gamma_{\text{я}} \mu_{\text{я}} B_0$$

Частота квантов:

$$f_0 = \frac{\Delta E}{h} = \frac{\gamma_{\text{я}} \mu_{\text{я}} B_0}{h}$$

## Ход работы и результаты исследования

### Образец 3: вода (ядра водорода)

$$f_0 = (10.234 \pm 0.106) \text{ МГц}$$

$$B = 238 \text{ мТ}$$

$$g = (5.64 \pm 0.06)$$

$$\mu = (2.82 \pm 0.03) \cdot \mu_{\text{я}}$$

**Образец 1: резина (ядра водорода)**

$$f_0 = (9.967 \pm 0.107) \text{ МГц}$$

$$B = 233 \text{ мТ}$$

$$g = (5.61 \pm 0.06)$$

$$\mu = (2.81 \pm 0.03) \cdot \mu_{\text{я}}$$

**Образец 2: тефлон (ядра фтора)**

$$f_0 = (9.214 \pm 0.109) \text{ МГц}$$

$$B = 228 \text{ мТ}$$

$$g = (5.30 \pm 0.06)$$

$$\mu = (2.65 \pm 0.03) \cdot \mu_{\text{я}}$$