

МОСКОВСКИЙ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10.4

Магнитные моменты легких ядер

Студент
Ришат ИСХАКОВ
512 группа

Преподаватель
Лев Владиславович
ИНЖЕЧИК



3 декабря 2017 г.

Цель работы: Вычислить магнитные моменты протона, дейтрона и ядра фтора на основе измерения 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.

1. Теория

Отношение γ магнитного момента к механическому называется гиромагнитным отношением:

$$\vec{\mu} = \gamma \vec{M}. \quad (1)$$

Зачастую, вместо γ используют более простую величину - g -фактор. Он также является отношением магнитного момента к механическому, но при этом магнитный момент измеряется в ядерных магнетонах Бора ($\mu_{\text{я}} = e\hbar/2m_p c$), а механический момент – в единицах \hbar :

$$g = \frac{\mu/\mu_{\text{я}}}{M/\hbar} = \frac{\mu}{\mu_{\text{я}}} \frac{\hbar}{M} = \frac{\hbar}{\mu_{\text{я}}} \gamma. \quad (2)$$

Отсюда

$$\vec{\mu} = \frac{\mu_{\text{я}}}{\hbar} g \vec{M}. \quad (3)$$

Проецируя M и μ на направление вектора B , получаем:

$$\mu_B = \frac{\mu_{\text{я}}}{\hbar} g M_B = \mu_{\text{я}} g m. \quad (4)$$

Наибольшее значение μ_B равно $\mu_{\text{я}} g I$. Его принято называть магнитным моментом ядра.

Расстояние между двумя соседними компонентами расщепившегося в магнитном поле уровня:

$$\Delta E = B \Delta \mu_B = B \mu_{\text{я}} g \Delta m = B \mu_{\text{я}} g. \quad (5)$$

Между компонентами расщепившегося уровня могут происходить электромагнитные переходы. Энергия квантов при этом определяется выражением (5), и явление носит резонансный характер. Частота излучения:

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{B \mu_{\text{я}} g}{h}. \quad (6)$$

Возбуждение переходов между компонентами расщепившегося ядерного уровня — ядерный магнитный резонанс (ЯМР).

В данной работе g -фактор определяется с помощью явления ЯМР. Изменяя частоту переменного магнитного поля, мы можем найти положение максимума поглощения, т.е. частоту резонанса. По этому максимуму определяется g -фактор из соотношения (6).

2. Экспериментальная установка

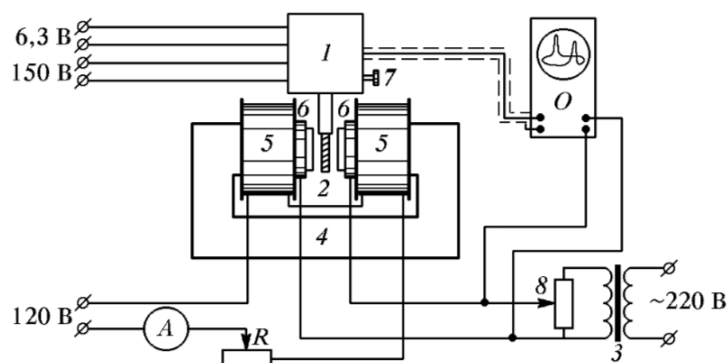


Рис. 1: Схема установки: 1 - часть индикаторной установки, исследуемый образец, 3 - трансформатор, 4 - электромагнит, 5 - катушки, 6 - модулирующие катушки, 8 - потенциометр

3. Ход работы

Помещая разные образцы между полюсами электромагнита и устанавливая частоту f_0 индикаторной установки в диапазоне $1 \div 20$ МГц, плавно меняли магнитное поле в зазоре электромагнита, пока не обнаруживали сигнал ЯМР.

Полученные данные приведены в таблице:

Таблица 1: Полученные данные для разных образцов

Образец №	1	2	3	5
f , МГц	9,85	9,99	9,68	3,4
B , мТл	231	243	227	520

По полученным данным определили g -факторы исследуемых ядер по формуле:

$$g_{\text{я}} = \frac{\hbar \omega_0}{\mu_{\text{я}} B_0} = \frac{h f_0}{\mu_{\text{я}} B_0} \quad (7)$$

Учитывая, что угловой момент протона определяется только его спином, рассчитали магнитный момент протона по формуле:

$$\mu = g_{\text{я}} \mu_{\text{я}} I \quad (8)$$

Предполагая, что угловой момент внешнего протона в ядре фтора определяется только его собственным моментом (спином), рассчитали магнитный момент ядра фтора.

Рассчитанные данные свели в таблицу:

Таблица 2: Обработанные данные

Образец	I	$g_{\text{я}}$	$g_{\text{я, табл.}}$	μ (в $\mu_{\text{я}}$)	$\mu_{\text{табл.}}, \mu_{\text{я}}$
1. Протон (резина)	0,5	5,601	5,58	2,8	2,79
2. Ядро фтора	0,5	5,401	5,26	2,7	2,63
3. Протон (вода)	0,5	5,603	5,58	2,801	2,79
5. Дейтрон	1	0,860	0,86	0,86	0,86

4. Вывод

Вычислили магнитные моменты протона, дейтрона и ядра фтора, измерив их g -факторы методом ЯМР. Полученные данные оказались близки к табличным.