

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа электроники, фотоники и молекулярной физики

Лабораторная работа 6.10.4
Ядерный магнитный резонанс

Салтыкова Дарья

Б04-105

Долгопрудный 2024

Цель работы: вычислить магнитные моменты протона, дейтрона и ядра фтора на основе измерения их g-факторов методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР).

1 Основные формулы

Фактор Ланде:

$$g_{\text{я}} = \frac{hf_0}{\mu_{\text{я}}B_0}.$$

Магнитный момент ядра:

$$\mu = g_{\text{я}}\mu_{\text{я}}I.$$

Ядерный магнетон:

$$\mu_{\text{я}} = \frac{e\hbar}{2m_{\text{p}}c} \approx 5,05 \cdot 10^{-27} \text{ Дж} \cdot \text{Тл}^{-1}.$$

2 Экспериментальная установка

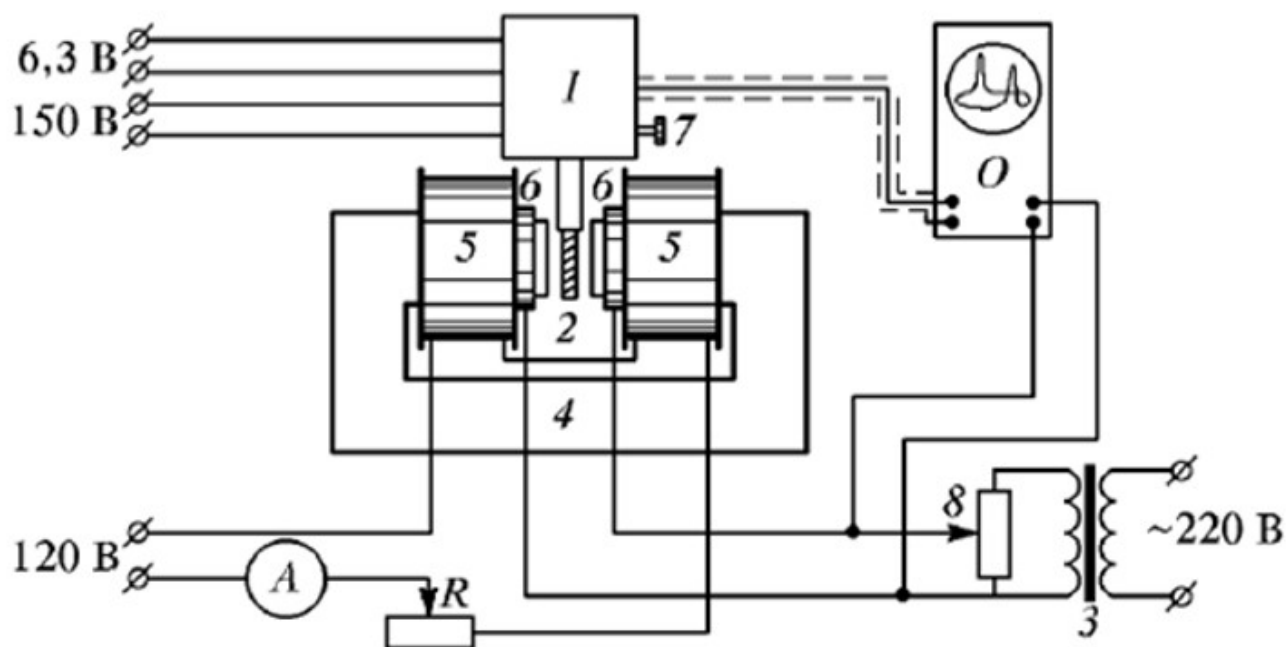


Рис. 1: Схема установки для изучения ядерного магнитного резонанса

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 и потому называется ядерным магнитным резонансом. Различие по энергии между этими двумя соседними компонентами определяется формулой

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

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

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Детектирование сигнала ЯМР осуществляется с помощью промышленного прибора. Модуляция магнитного поля осуществляется с помощью небольшой катушки, частота модуляции ≈ 50 Гц. В зазоре электромагнита

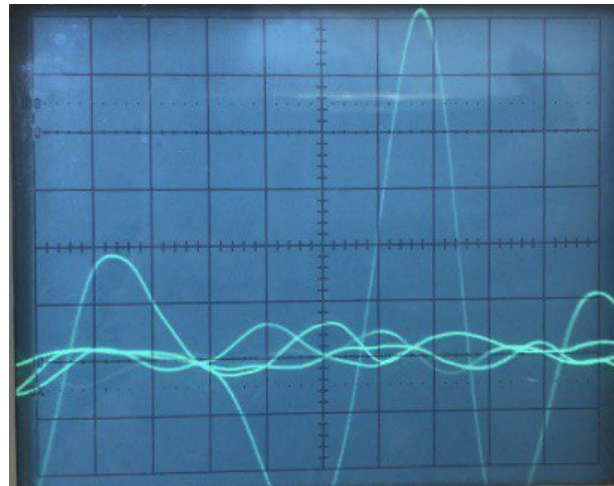
устанавливается холловский измеритель магнитного поля, а измерения ЯМР проводятся на резине (измеряется ЯМР на протонах), тефлоне (в состав входит фтор) и тяжелой воде.

3 Результаты измерений

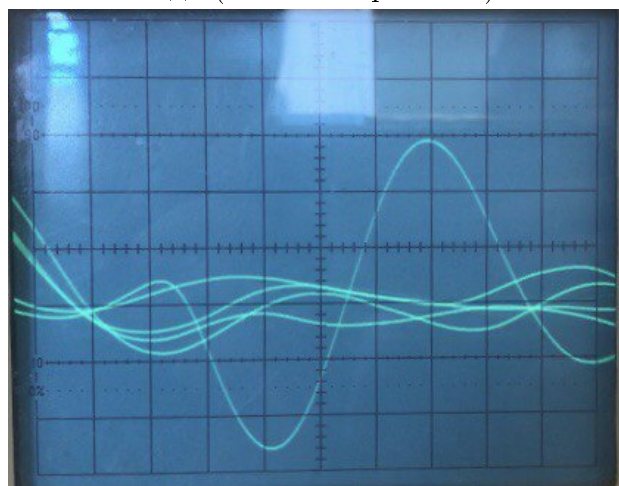
Результаты измерений резонансной частоты и вычислений g-факторов и магнитных моментов представлены в таблице 1, а полученные осциллограммы на рис. 2.



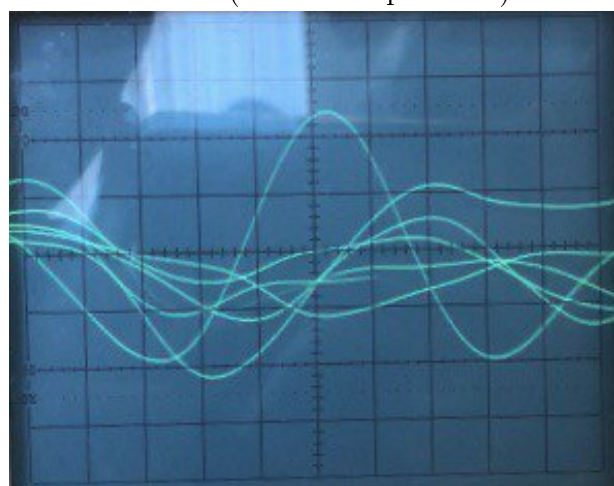
Вода (ЯМР на протонах)



Резина (ЯМР на протонах)



Тефлон (ЯМР на ядрах фтора)



Дейтерий (ЯМР на дейтронах)

Рис. 2: Осциллограммы

Образец	f_0 , МГц	B_0 , мТл	$g_{\text{я}}$	I	μ , ед. $\mu_{\text{я}}$	$\mu_{\text{табл}}$, ед. $\mu_{\text{я}}$
Вода	9,913	229	5,687	1/2	2,843	2,79
Резина	9,816	231	5,596	1/2	2,798	2,79
Тефлон	9,200	246	4,917	1/2	2,459	2,62
Дейтерий	3,317	526	0,829	1	0,829	0,857

Таблица 1: Результаты

4 Вывод

В ходе работы были методом ЯМР определены g-факторы и магнитные моменты протона, дейтрона и ядра фтора. Полученные данные согласуются с табличными. Заметим, что g-факторы

протона и ядра фтора близки, так как спин ядра фтора $1/2$. Это объясняется тем, что у фтора уровень $2s_{1/2}$ заполняется раньше.