

МОСКОВСКИЙ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5.10.1:
**Электронный парамагнитный
резонанс**

Выполнил:
Маслюк Руслан
группа Б05-871

6 ноября 2020 г.

1 Цель

Исследовать электронный парамагнитный резонанс в молекуле ДФ-ПГ, определить g - фактор электрона, измерить ширину линии ЭПР.

2 Вступление

2.1 Теория

Энергетический уровень электрона в присутствии магнитного поля B расщепляется на два подуровня. Расстояние между ними равно

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 2\mu B \quad (1)$$

Между уровнями возможны переходы. Они могут возбуждаться внешним высокочастотным магнитным полем. Резонансное значение частоты определяется из соотношения

$$\hbar\omega_0 = \Delta E = 2\mu B \quad (2)$$

При переходе с нижнего на верхний уровень квант энергии поглощается, а при обратном переходе излучается квант той же частоты. Возбуждение электронных резонансных переходов ЭМ полем с частотой ω_0 называется электронным парамагнитным резонансом. Без внешнего высокочастотного поля заселенность верхнего и нижнего уровней N_u и N_d определяется температурой и описывается формулой Больцмана

$$\frac{N_u}{N_d} = \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right) \quad (3)$$

Гиромагнитное соотношение

$$\mu = \gamma \vec{M} \quad (4)$$

Если магнитный момент выражается в магнетонах Бора, а механический в единицах \hbar , то связь выражается через фактор Ланде

$$\frac{\mu}{\mu_B} = \frac{g\vec{M}}{\hbar} \quad (5)$$

Можно выразить g -фактор через определяемые экспериментально величины

$$g = \frac{\hbar\omega_0}{\mu_B B} \quad (6)$$

2.2 Оборудование

Для наблюдения электронного парамагнитного резонанса необходимы чувствительные радиоспектроскопы. В нашей работе используется радиоспектроскоп несложной конструкции, обладающий достаточной чувствительностью, чтобы уверенно наблюдать электронный парамагнитный резонанс на ДФПГ. Схема радиоспектроскопа изображена на рис. 1. Основной частью радиоспектроскопа является колебательный контур. Он состоит из катушки индуктивности и плоского конденсатора.

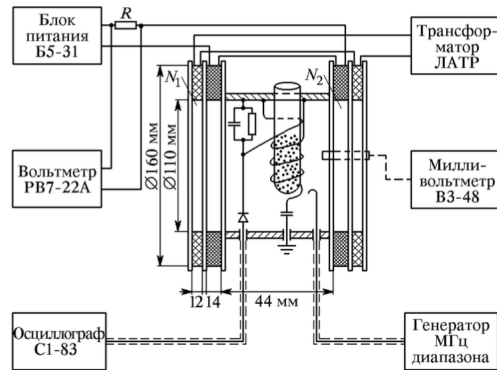


Рис. 1: Блок-схема установки для налюдения ЭПР. Измерение постоянного и переменного токов через катушки N_2 производится с помощью вольтметра РВ7-22А и сопротивления $R = 10$ Ом, включенного в цепь катушек

кого конденсатора. Контур заключен в латунный посеребренный из-

нутри контейнер. Ампула с исследуемым образцом вставляется в катушку индуктивности контура. Основное магнитное поле в образце создается с помощью двух соосно расположенных катушек, питаемых от источника постоянного тока.

3 Ход работы

Настроим генератор на резонансную частоту контура, включим питание основных катушек, и плавно меняя реостатом величину тока, проходящего через основные катушки найдем сигнал электронного парамагнитного резонанса. $f_{res} = 126,76 \pm 0,02 \text{ МГц}$

$$f_h = 126,49 \pm 0,02 \text{ МГц}$$

$f_l = 126,49 \pm 0,02 \text{ МГц}$, тогда Добротность контура:

$$Q = \frac{f}{\Delta f} = \frac{f_{res}}{f_h - f_l} = \frac{126,76}{0,48} \approx 264,1$$
$$\varepsilon_Q = \varepsilon_{f_{res}} + \varepsilon_{\Delta f} = 0,08$$
$$\sigma_Q = 21,$$

Тогда

$$Q = (2,6 \pm 0.2) \cdot 10^2$$

Определим g-фактор электрона, для этого найдем резонансные значения частоты ω_0 и индукции B_0 . Для этого воспользуемся более маленькой катушкой с $N = 45$, $d = 15,2 \pm 0,1 \text{ мм}$ Зная также ЭДС $\varepsilon_i = (2,51 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} \text{ В}$ и частоту $\nu = 50 \text{ Гц}$, найдем величину модулирующего поля:

$$B = \sqrt{2} \frac{2\varepsilon_i}{\pi^2 d^2 N \nu} \approx 1,52 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} = 1,52 \text{ мТл}$$

$$\varepsilon_B = \varepsilon_{\varepsilon_i} + 2\varepsilon_d = 0,003 + 0,013 = 0,016$$

$$\sigma_B = 0,024 \text{ мТл}$$

$$B = 1,52 \pm 0,024 \text{ мТл}$$

Для полуширины на полувысоте линии резонансного поглощения получим

$$\Delta B = \frac{A_{half}}{A_{full}} B = 0,146 \text{ мТл}$$

Калибровочный график (напряжение на пробной катушке от внешнего):

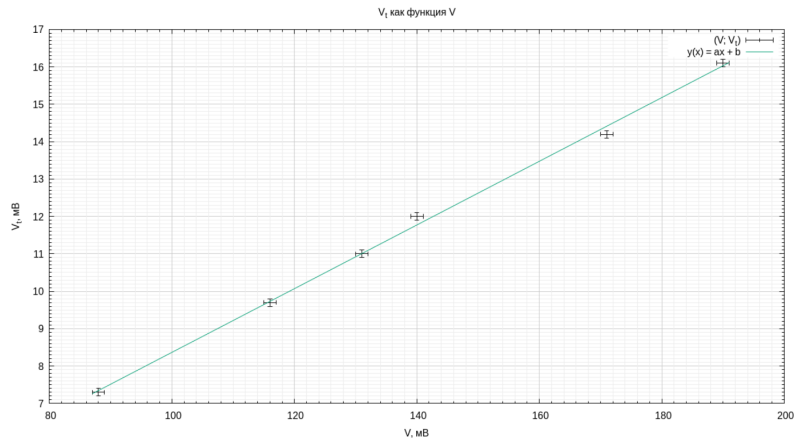


Рис. 2: Калибровочный график

$$B_0 = \frac{V_t}{NS2\pi\nu} = 7,03 \pm 0,45 \text{ мТл}$$

Тогда

$$g = 1,9 \pm 0,2$$

График зависимости резонансной частоты от силы тока:

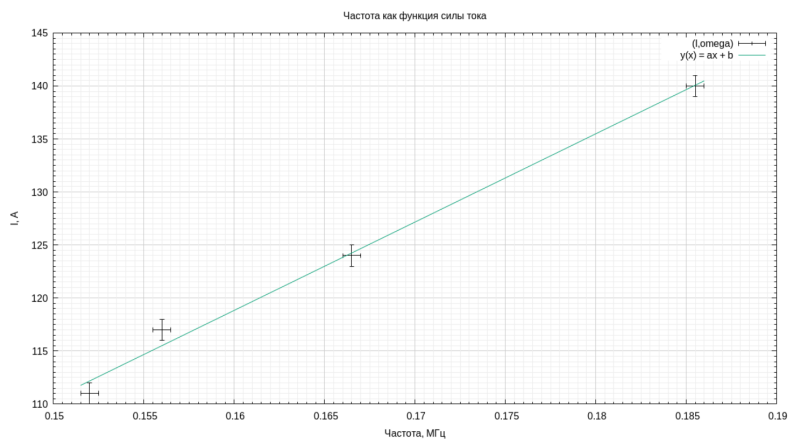


Рис. 3: График зависимости резонансной частоты от силы тока

4 Результаты

Выполнив данную лабораторную работу, мы измерили g -фактор электрона, пронаблюдав явление ЭПР. Он оказался равен $g = 1,9 \pm 0,2$, что совпадает с табличным значением.

5 Вывод

Мы Исследовали электронный парамагнитный резонанс в молекуле ДФПГ, определили g - фактор электрона, измерили ширину линии ЭПР. И g - фактор совпал с табличным значением.