

Лабораторная работа 10.1

ЭПР

Гарина Ольга
Аксенова Светлана
Б04-901

3 октября 2021 г.

Содержание

1 Экспериментальная установка	3
2 Теоретическое введение	3
3 Ход работы	4
4 Вывод	5
5 Литература	5

Цель работы: исследовать электронный парамагнитный резонанс в молекуле ДФПГ, определить g -фактор электрона, измерить ширину линии ЭПР.

1 Экспериментальная установка

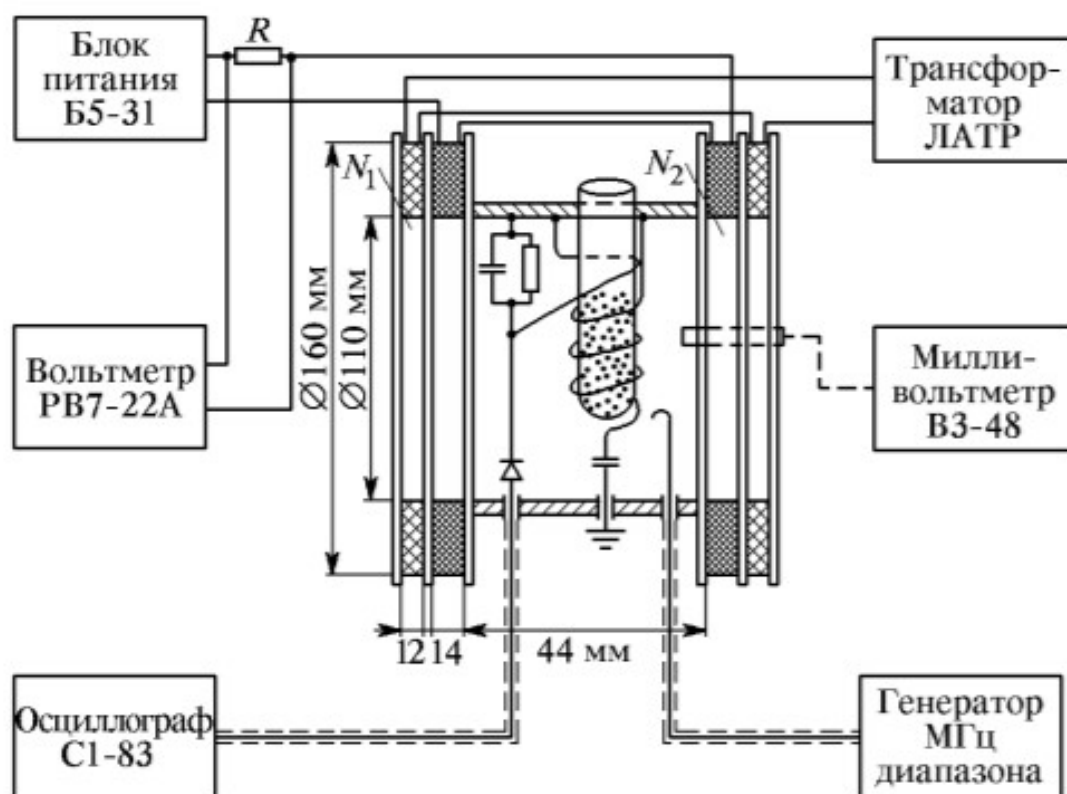


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

В работе используется радиоспектроскоп несложной конструкции, обладающий достаточной чувствительностью, чтобы уверенно наблюдать электронный парамагнитный резонанс на ДФПГ. Охлаждая образец ДФПГ, можно исследовать зависимость ширины линии поглощения от температуры и установить характер уширения: спин-спиновый или спин-решеточный.

2 Теоретическое введение

В методе ЭПР изучается резонансное поглощение переменного электромагнитного поля в образце в зависимости от контролируемых экспериментатором внешних условий: постоянного магнитного поля, частоты колебаний переменного поля, температуры и так далее.

Для наблюдения этого поглощения необходимо резонансное совпадение частоты излучения с зеемановским расщеплением спиновых подуровней. Как правило, в экспериментах в «настоящих» ЭПР-спектрометрах, используемых в научных исследованиях, частота переменного электромагнитного поля составляет от нескольких гигагерц до нескольких десятков гигагерц. В нашей лабораторной работе явление ЭПР изучается на более низкой частоте 100 МГц. На таких высоких частотах АЧХ передающего тракта сильно зависит от частоты, поэтому технически удобнее в ходе эксперимента поддерживать частоту излучения постоянной, а изменять

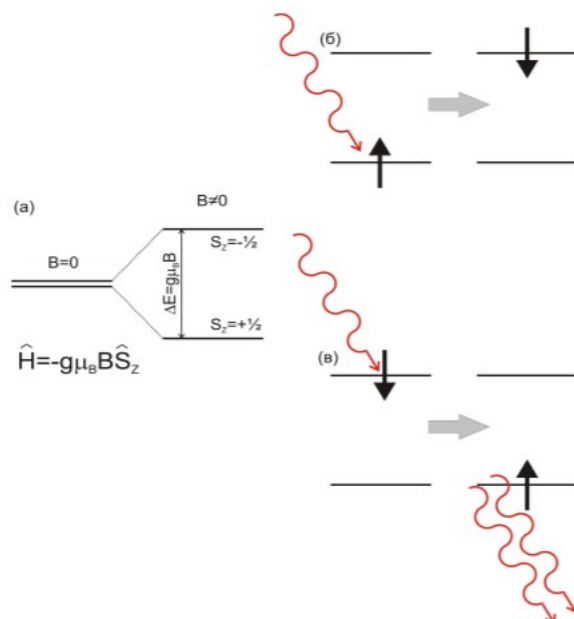


Рисунок 2 – Схема резонансного поглощения электромагнитного излучения для изолированного спина $S=1/2$

магнитное поле. Поэтому обычно в ЭПР-спектрометрах фиксируют поглощение высокочастотного электромагнитного излучения в образце в зависимости от медленно изменяемого внешнего магнитного поля.

Измеряемой в эксперименте величиной является поглощаемая в образце мощность излучения.

Простейшей системой для изучения методом ЭПР является парамагнетик — система слабо взаимодействующих атомов, ионов или молекул, обладающих собственным магнитным моментом. Пренебрегая взаимодействием, можно рассмотреть поведение магнитного диполя в постоянном и переменном магнитном поле.

В «классическом» подходе рассматривается прецессия магнитного момента во внешнем поле при отклонении магнитного момента от равновесия. При квантовомеханическом способе описания рассматривается структура расщеплённых в магнитном поле термов атомов (ионов или молекул) и переходы между расщеплёнными подуровнями. Квантовомеханический подход, являясь более строгим, приводит к сложностям при необходимости учёта взаимодействия между магнитными моментами: аналитическое решение квантовомеханической задачи многих тел возможно только в некоторых исключительных случаях. Поэтому простое модельное представление о прецессии магнитного момента во внешнем поле часто оказывается удобным для качественного, а при должном подборе параметров модели и количественного описания явления ЭПР.

3 Ход работы

Для начала следовало настроить генератор на резонансную частоту. Она оказалась равна

$$\nu = 128 \text{ МГц.} \quad (1)$$

После настройки на экране осциллографа наблюдались два пика, их нужно было расположить относительно друг друга так, чтобы было удобно измерить длину всего спектра и максимальную ширину пика. При этом первое измеренное значение $(6,5 \pm 0,1 \text{ см})$ соответствует удвоенному

значению поля резонансного поглощения на частоте колебательного контура, а второе значение ($0,7 \pm 0,1$ см) – полуширина на полувысоте линии резонансного поглощения. Измеренное значение напряжения, соответствующее постоянному магнитному полю:

$$V_1 = 2,38 \text{ мВ.} \quad (2)$$

Диаметр проволоки l	$14,6 \pm 0,1$ мм
Число витков	46

Таблица 1 – Параметры катушки с током

Пересчитанное значение постоянного поля:

$$B_0 = \frac{4V}{\pi^2 n l^2 \omega} = 0,985 \pm 0,024 \text{ мТл} \quad (3)$$

Для пересчета ΔB используем коэффициент пересчета, равный частному пересчитанного значения поля и измеренного. В таком случае

$$\Delta B = 0,108 \pm 0,016 \text{ мТл.} \quad (4)$$

Далее измерялась величина переменного магнитного поля, по формуле (3) при значении напряжения $V_2 (10,8 \pm 0,01) \text{ мВ}$:

$$B = 4,47 \pm 0,01 \text{ мТл.} \quad (5)$$

После этого было получено значение g-фактора для электрона, по формуле

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

где $\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ Дж с}$, $\mu_B = 927,4 \cdot 10^{-26} \text{ Дж/Тл}$, $\omega = 50 \text{ Гц}$.

$$g = 2,04 \pm 0,05. \quad (7)$$

Эталонное значение g-фактора ДФПГ равно

$$g_{table} = 2 \quad (8)$$

$$\frac{g - g_{table}}{g_{table}} = 0,02. \quad (9)$$

4 Вывод

В данной работе наблюдалось явление электронного парамагнитного резонанса на молекулах ДФПГ, измерена ширина линии ЭПР, с хорошей точностью определен g-фактор данного соединения.

5 Литература

1. Лабораторный практикум по общей физике: Квантовая физика: Учеб. пособие для вузов /Игошин Ф.Ф., Самарский Ю.А., Ципенюк Ю.М.
2. Описание лаб работы
3. Инструкция по выполнению