

Работа 5.10.1

Электронный парамагнитный резонанс

Богданов Александр
Б05-003

6 октября 2022 г.

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

В работе используются: дифинилпикрилгидразил (ДФПГ), радиоспектрометр, осциллограф, магнит.

Теоретические положения:

Энергетический уровень электрона в присутствии магнитного поля с индукцией B расщепляется на подуровня, расстояние между которыми равно:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 2\mu B,$$

где μ – абсолютная величина проекции магнитного момента на направление поля.

Между этими двумя уровнями возможны переходы. Эти переходы могут возбуждаться внешним высокочастотным электромагнитным полем, если оно имеет нужную частоту и нужное направление. Резонансное значение частоты определяется:

$$\hbar\omega_0 = \Delta E$$

При переходе с нижнего на верхний уровень энергии электрон поглощает квант электромагнитной энергии, а при обратном переходе такой же квант излучается. Возбуждение электронных резонансных переходов электромагнитным полем, имеющим частоту, определяемую формулой выше, называется электронным парамагнитным резонансом (ЭПР). Сигнал электронного парамагнитного резонанса наблюдается только на неспаренных электронах образца. Наличие таких электронов приводит к парамагнетизму.

Связь между магнитным моментом μ электрона и его механическим моментом M выражается через гиромагнитное отношение γ с помощью формулы:

$$\mu = \gamma M$$

Если магнитный момент частицы измеряется в магнетонах Бора, а механический - в \hbar , то их связь можно записать через g -фактор:

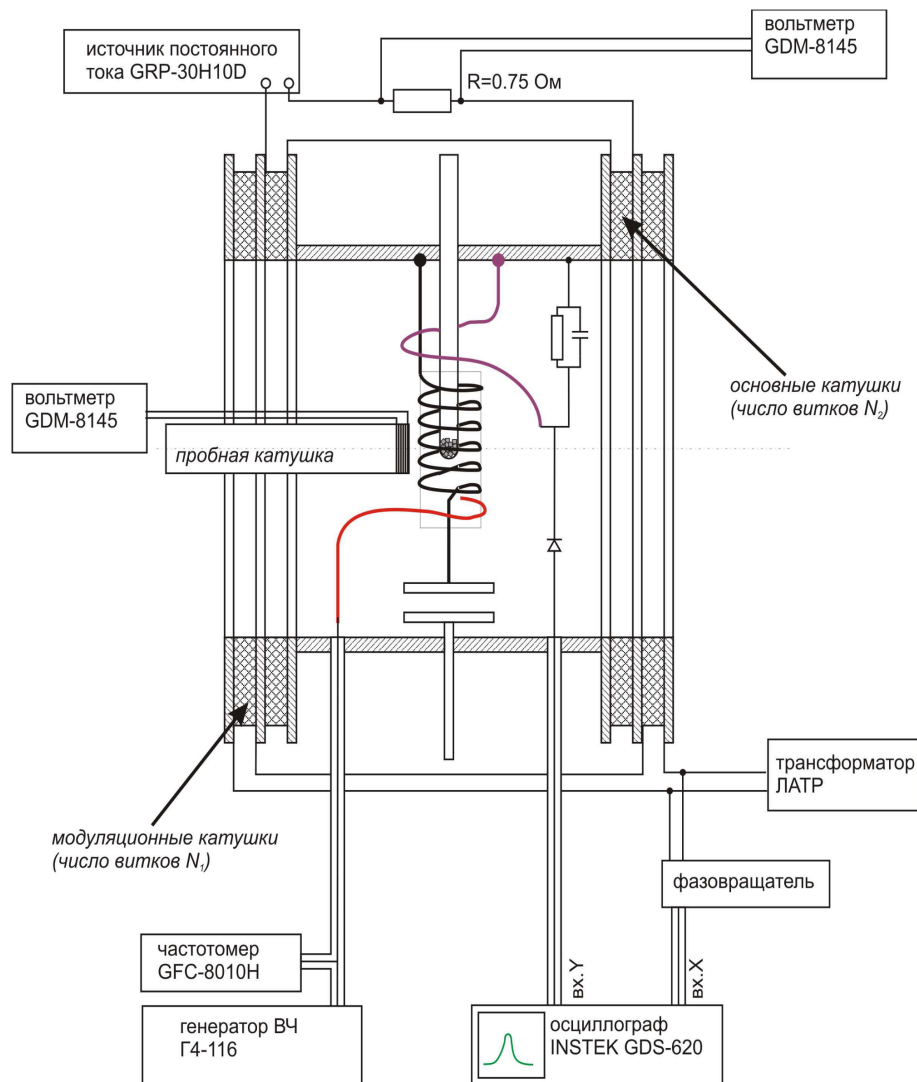
$$\frac{\mu}{\mu_B} = \frac{gM}{\hbar} \text{ или } \frac{\mu}{\mu_B} = gs,$$

где $s = \frac{1}{2}$ - спин электрона.

Выражение для g -фактора через определяемые экспериментально величины:

$$g = \frac{\hbar\omega_0}{\mu_B B}$$

Экспериментальная установка:



Основной частью радиоспектрометра является колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Образец (порошок ДФПГ) в стеклянной ампуле помещается внутрь катушки. Основное магнитное поле в образце создается с помощью двух соосно расположенных катушек, питаемых от источника постоянного тока. Переменное поле небольшой амплитуды создаётся подачей на модуляционные катушки напряжения с регулируемого трансформатора. Общая ось основных и дополнительных катушек перпендикулярна оси катушки контура. Колебания в контуре возбуждаются генератором частоты.

Ход работы:

1. Получение сигнала ЭПР на свободном радикале ДФПГ и измерение g - фактора электрона

- (a) Настроим установку.
- (b) Настроим генератор на резонансную частоту контура: $\omega_0 = (125 \pm 5)$ МГц.
- (c) Параметры пробной катушки: $N = 45$, $D = (1,45 \pm 0,01)$ см.
- (d) Измерим частоту переменного тока: $\omega = (0,9 \pm 0,1)$ кГц.
- (e) Показания лампового милливольтметра: $V = (9,8 \pm 1,2)$ мВ.
- (f) Найдем индукцию магнитного поля:

$$V = NB_0 S \omega \Rightarrow B_0 = \frac{4V}{\pi N d^2 \omega}$$

$$B_0 = (0,79 \pm 0,15) \text{ мТл}$$

- (g) Посчитаем g - фактор для электрона:

$$g = 1,8 \pm 0,1$$

2. Определение ширины линии ЭПР

- (a) Показания лампового милливольтметра: $U = (2,1 \pm 0,2)$ мВ.
- (b) Определим амплитуду моделирующего поля:

$$B_{\text{мод}} = \sqrt{2} \frac{2U}{\pi^2 d^2 N \nu} = (1,6 \pm 0,2) \text{ Гс},$$

где $\nu = 400 \text{ Гц}$ - частота модуляции.

- (c) Измерим полный размах модулирующего поля и ширина кривой на полувысоте:

$$A_{\text{полн}} = (16 \pm 1) \text{ В}$$

$$A_{1/2} = (0,8 \pm 0,1) \text{ В}$$

- (d) Посчитаем ширину линии:

$$\Delta B = \frac{A_{1/2}}{A_{\text{полн}}} B_{\text{мод}}$$

$$\Delta B = (0,9 \pm 0,1) \text{ Гс}$$

Вывод:

В ходе эксперимента было исследовано явление ЭПР на молекуле ДФПГ и получены значения g - фактора и полуширины линии ЭПР. Измеренные величины получились близкими к табличным: $g_{\text{изм}} = 1,8 \pm 0,1$ при $g_{\text{табл}} = 2$, $\Delta B_{\text{изм}} = (0,8 \pm 0,1) \text{ Гс}$ при $\Delta B_{\text{табл}} \approx 1 \text{ Гс}$.