

Лабораторная работа 10.1

Электронный парамагнитный резонанс

Нехаев Александр 654 гр.

22 марта 2019 г.

Содержание

1. Введение	1
1.1. Теоретические основы	1
1.2. Экспериментальная установка	2
2. Ход работы	3
2.1. Получение сигнала ЭПР на свободном радикале ДФПГ и измерение g-фактора электрона	3
2.2. Определение ширины линии ЭПР	3
3. Вывод	4

1. Введение

Цель работы Исследовать электронный парамагнитный резонанс, определить g -фактор электрона, измерить ширину линии ЭПР, пронаблюдать тонкое и сверхтонкое расщепление.

1.1. Теоретические основы

Пусть ядро обладает не зависящим от внешнего поля дипольным моментом μ . Взаимодействие его с полем приводит к появлению дополнительной энергии

$$E = -\mu B, \quad (1)$$

где B – индукция внешнего поля. У отдельно выделенного ядра диаонаправление – направление M :

$$\mu = \gamma M, \quad (2)$$

γ – коэффициент гиромагнитного соотношения.

Ядерный магнитон Бора:

$$\mu_{\text{я}} = \frac{e\hbar}{2m_p} = 0.5 \cdot 10^{-23} \text{ эрг} \cdot \text{Гс}^{-2} \quad (3)$$

g -фактор:

$$g = \frac{\mu/\mu_{\text{я}}}{M/\hbar} = \frac{\mu}{\mu_{\text{я}}} \frac{\hbar}{M} = \frac{\hbar}{\mu_{\text{я}}} \quad (4)$$

Заменяя в (2) γ на g с помощью (4) получаем:

$$\mu = \frac{\mu_{\text{я}}}{\hbar} g M \quad (5)$$

Величина g изменяется не только от ядра к ядру, но и от уровня к уровню:

$$M^2 = \hbar I(I + 1) \quad (6)$$

где I – спиновое квантовое число (спин ядра). Проекция момента импульса квантуется:

$$M_z = m \hbar. \quad (7)$$

Из (6) и (7) проецируем M и μ на B :

$$\mu_B = \frac{\mu_{\text{я}}}{\hbar} g M = \frac{\mu_{\text{я}}}{\hbar} g m \hbar = \mu_{\text{я}} g m \quad (8)$$

Различие между двумя соседними уровнями удовлетворяют условию:

$$\Delta E = B \Delta \mu_B = B \mu_{\text{я}} g \Delta m = B \mu_{\text{я}} g \quad (9)$$

Между расщепившимися компонентами возникают переходы (с нижних на верхние) под действием высокочастотного поля. Резонансная частота определяется как:

$$\omega = \Delta E / \hbar = B \mu_{\text{я}} g / \hbar. \quad (10)$$

Это явление называется ядерно магнитным резонансом.

Если высокочастотное поле отсутствует, то заселенность уровней определяется по формуле Больцмана:

$$\frac{N_-}{N_+} = \exp [-\Delta E / (k_B T)] \quad (11)$$

где ΔE – расстояние между уровнями. Разность заселенностей:

$$\Delta N = \Delta N_0 - (\Delta N_0 - \Delta N_1) \exp (-t / \tau_1) \quad (12)$$

1.2. Экспериментальная установка

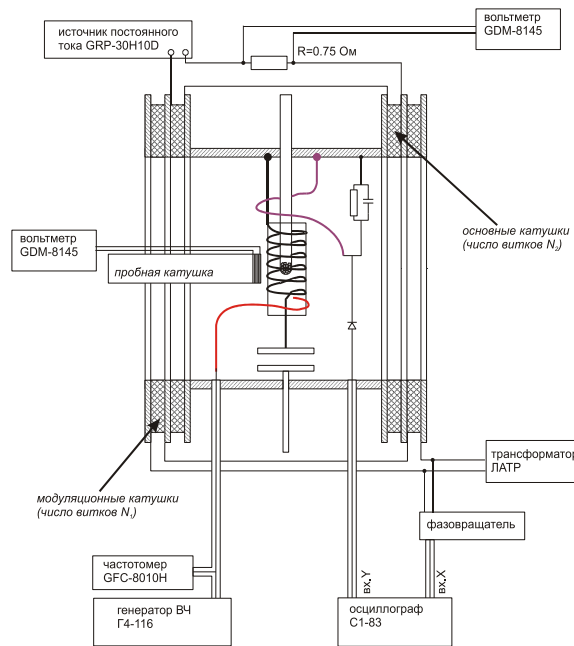


Рис. 1: Схема установки

2. Ход работы

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

- 1) Поместим ампулу с исследуемым веществом внутрь катушки и настроим генератор на резонансную частоту:

$$f_{\text{res}} = 128.818 \text{ МГц}$$

- 2) Будем изменять магнитное поле в катушках таким образом, чтобы расстояние между пиками на осциллографе было одинаковым. Действующее напряжение:

$$V = 11.9 \text{ мВ}$$

Параметры катушки известны: $\varnothing 14.3 \text{ мм}$. Следовательно $S = 160.606 \text{ мм}^2$. Число витков: 49. $\omega_{\sim} = 2\pi \cdot 50 \text{ Hz}$. Тогда:

$$B_0 = \frac{V}{n \cdot S \cdot \omega_{\sim}} = 4.81 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

- 3) Найдем g-фактор электрона по полученным данным:

$$g = \frac{\hbar \cdot \omega_0}{\mu_B \cdot B} = 1.91$$

2.2. Определение ширины линии ЭПР

- 1) Переключим осциллограф на развертку модулирующих катушек. Длина развертки соответствует удвоенной амплитуде модулированного поля. Амплитуду этого поля определяют при помощи милливольтметра и пробной катушки, как это было описано ранее.

2) Ширину линии в герцах можно получить, воспользовавшись формулой

$$\hbar\omega_0 = \Delta E = 2\mu B. \quad (13)$$

При температуре 295 К ширина линии дифинилгидразида составляет около 2 Гс.

3) Найдем по формуле $B_{mod} = 2\sqrt{2} \frac{\varepsilon_{ind}}{\pi^2 d^2 \cdot \nu_N}$ поле, создаваемое модулирующей катушкой

$$B_{mod} = 2.0 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.}$$

По ХУ-виду пика поглощения найдем ширину линии ЭПР. Полная ширина пика 8.2 клетки, ширина на полувысоте 1.2 клетки. Тогда ширина линии ЭПР равна $B_{mod} \cdot 1.2/8.2 = 2.9 \cdot 10^{-4} \text{ Тл.}$

3. Вывод

В ходе работы получили значение для g -фактора: $g = 1.91$, что близко к табличному значению: $g_{\text{табл}} = 2.002$. Также нашли ширину линии ЭПР: $B_0 = 2.9 \cdot 10^{-4} \text{ Тл.}$