

Лабораторная работа № 5.10.1
Электронный парамагнитный резонанс

Пазов Тенгиз

Октябрь 2025

1 Теоретическая справка

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

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

Где μ - абсолютная величина проекции магнитного момента на направление поля.

Резонансное значение частоты (частота электромагнитного поля, необходимая для перехода между уровнями) определяется из формулы

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

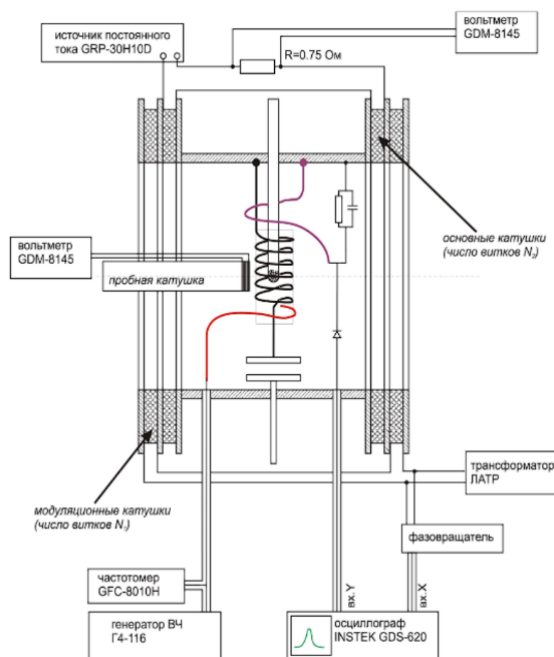
Возбуждение электронных резонансных переходов электромагнитным полем, имеющим частоту, определяемую формулой (2), носит название электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Связь магнитного момента электрона с его механическим моментом определяется с помощью формулы

$$\mu = \gamma M \quad (3)$$

Из соотношений выше можно получить выражение для g-фактора

$$g = \frac{\hbar\omega_0}{\mu_B B} \quad (4)$$



Показания лампового милливольтметра и величина магнитного поля связаны через соотношение

$$V = nB_0 S \omega \quad (5)$$

где n - число витков и S - площадь сечения пробной катушки, ω_{\sim} - угловая частота переменного тока.

2 Ход работы

Калибровка катушки

Поставили значение частоты резонанса $f_{\text{рез}} = 164 \text{ МГц}$.

$f_{\text{мод}} = 1 \text{ кГц}$, $m = 20\%$

Соответственно значение напряжения в цепи основных катушек при резонансном поглощении $U_0 = 277 \text{ мВ}$.

Показания лампового милливольтметра при настройке установки на вычисление магнитного поля по формуле (5):

Спереди $U_1 = 7,25 \pm 0,1 \text{ мВ}$; Сзади $U_2 = 12,6 \pm 0,1 \text{ мВ}$;

Среднее значение получается следующим $V = 9,9 \pm 0,1 \text{ мВ}$.

Характеристики пробной катушки: $D = 14,9 \pm 0,1 \text{ мм}$. $n_0 = 42$. Также $\omega = 2\pi \cdot 50 \text{ с}^{-1}$

По формуле (5)

$$B_0 = \frac{4V}{n_0 \omega \pi D^2} = 4,3 \pm 0,06 \text{ мТл}$$

g-фактор

После вычисления B_0 вычислим g-фактор, зная $\mu_B = 0,927 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/Тл}$. Воспользуемся формулой (4):

$$g = \frac{hf_0}{\mu_B B_0} \approx 2,73 \pm 0,09$$

Измерение ширины линии ЭПР

Спереди $U_1 = 7,2 \pm 0,1 \text{ мВ}$;

Сзади $U_2 = 12,4 \pm 0,1 \text{ мВ}$;

Среднее значение получается следующим $V = 9,8 \pm 0,1 \text{ мВ}$.

$$B_{\text{мод}} = \frac{4 \cdot \sqrt{2} V}{n_0 \omega \pi D^2} = 6,03 \pm 0,20 \text{ мТл}$$

Тогда ширина $\Delta B = \frac{A_{1/2}}{A_{\text{полн}}} \cdot B_{\text{мод}} = 0,375 \cdot (6,03 \pm 0,20) \approx 2,26 \pm 0,07 \text{ мТл}$.

3 Вывод

В данной лабораторной работе был изучен электронный парамагнитный резонанс, был измерен g-фактор электрона. Соответственно значение получилось $g = 2,73 \pm 0,09$, когда справочное значение $g_{\text{ист}} = 2$. Также было получено значение ширины линии ЭПР $\Delta B = 2,26 \pm 0,07$ мТл.