

## Отчёт о выполнении лабораторной работы 10.1 «Электронный парамагнитный резонанс»

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

**Оборудование:** радиоспектроскоп, вольтметр, трансформатор ЛАТР, осциллограф, блок питания, генератор мегагерцового диапазона, образец ДФПГ.

### 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  $\omega_0$  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

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

## Ход работы

### Измерения и наблюдения

Резонансная и половинные частоты:

$$f_{res} = 126,76 \pm 0,02 \text{ МГц}$$

$$f_h = 126,97 \pm 0,02 \text{ МГц}$$

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

$$Q = \frac{f}{\Delta f} = \frac{f_{res}}{f_h - f_l} = \frac{126,76}{0,48} \approx 264,1$$

$$\varepsilon_Q = \varepsilon_{f_{res}} + \varepsilon_{\Delta f} \approx \varepsilon_{\Delta f} = 0,08$$

$$\sigma_Q = 21$$

$$Q = (2,6 \pm 0,21) \cdot 10^2$$

Пробная катушка:

$$N = 45$$

$$d = 15,2 \pm 0,1 \text{ мм}$$

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 полувывсоте линии резонансного поглощения получим

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

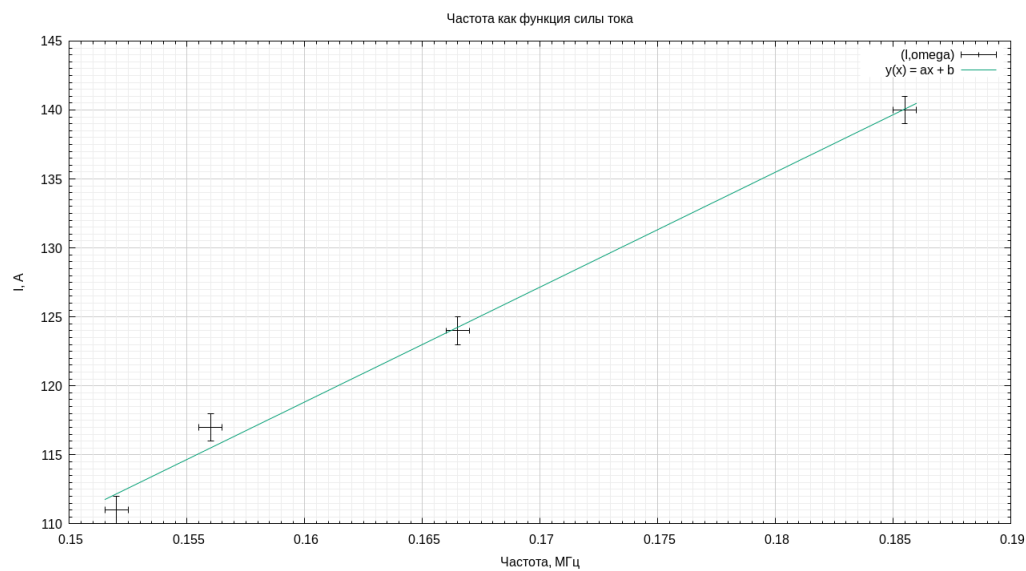
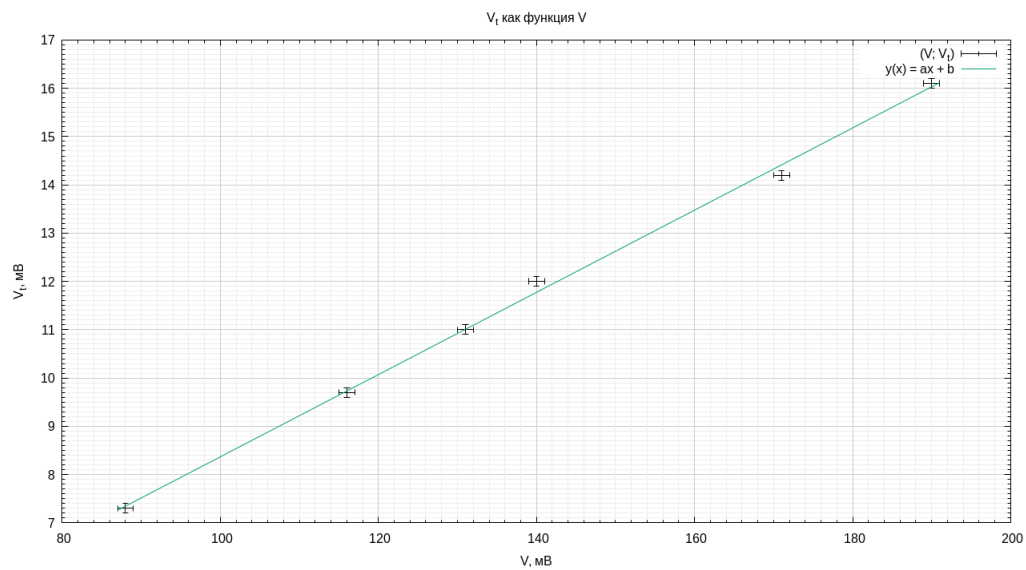
Калибровочный график (напряжение на пробной катушке от внешнего):

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

Тогда

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

График зависимости резонансной частоты от силы тока:



## Обсуждение

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.

## Вывод

$g$ -фактор электрона  $g = 1,9 \pm 0,2$ , что совпадает с табличным значением.