
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6.9.1

ЗАКОН КЮРИ-ВЕЙССА И ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Цель работы: Исследование температурной зависимости магнитной восприимчивости ферромангетика в парамагнитной области; оценка энергии обменного взаимодействия.

ТЕОРИЯ

Намагниченность связана с внешним магнитным полем

$$I = \chi H.$$

Число электронов с двумя уровнями энергий согласно распределению Больцмана

$$\frac{N_+}{N_-} = \exp\left(-\frac{2\mu B}{k_B T}\right) \simeq 1 - \frac{2\mu B}{k_B T}.$$

Тогда, магнитный момент и восприимчивость

$$I = \mu \Delta N = N \frac{\mu^2}{k_B T} H. \qquad \chi = \frac{I}{H} = N \frac{\mu^2}{k_B T} = N \frac{\mu_B^2}{k_B T}.$$

В более общем виде

$$\chi = \frac{N g^2 \mu_B^2 S(S+1)}{3 k_B T}.$$

Далее, для ферромагнетиков, можно ввести некоторое эффективное магнитное поле.

$$H_{\text{эфф}} = \lambda I,$$

Тогда,

$$I = N \frac{\mu^2 H}{k_B (T - \Theta)}, \qquad \Theta = \frac{N \mu^2 \lambda}{k_B} = N \frac{g^2 \mu_B^2 S(S+1)}{3 k_B} \lambda$$

Таким образом

$$\chi = \frac{I}{H} = N \frac{g^2 \mu_B^2 S(S+1)}{3 k_B (T - \Theta)} \propto \frac{1}{T - \Theta}$$

ХОД РАБОТЫ

УСТАНОВКА

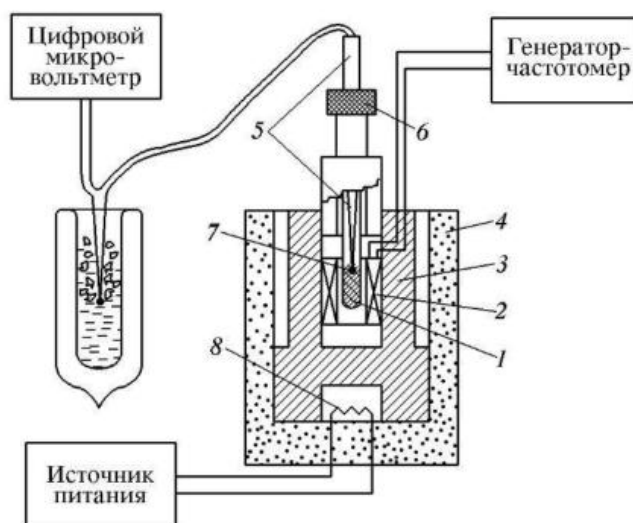


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — капсула с образцом; 2 — катушка самоиндукции; 3 — медный цилиндр; 4 — пенопластовый корпус; 5 — шток; 6 — цанговый зажим; 7 — измерительный спай термонары; 8 — электронагреватель

Для образца, окруженного катушкой

$$L = \mu \frac{4\pi n^2 S}{l}, \quad L_0 = \frac{4\pi n^2 S}{l},$$

$$\frac{L - L_0}{L_0} = \mu - 1 = 4\pi\chi.$$

Учитывая выражение для частоты колебательного контура через емкость и индуктивность

$$\frac{f_0^2 - f^2}{f^2} = 4\pi\chi.$$

$$\frac{1}{\chi} \propto \frac{f^2}{f_0^2 - f^2}.$$

№	Thermocouple Voltage, mV ± 0.01	f, kHz ± 0.5	f0, kHz ± 0.5	T, °C	T Error, °C	Susceptibility	Susceptibility Error
1	0.58	807.9	868	9.8	0.7	6.5	0.1
2	0.50	807.3	867	11.8	0.7	6.5	0.1
3	0.42	807.5	868	13.8	0.8	6.4	0.1
4	0.36	808.2	868	15.3	0.9	6.5	0.1
5	0.33	808.4	868	16.0	1.0	6.5	0.1
6	0.29	809.4	868	17.0	1.1	6.7	0.1
7	0.24	811.3	868	18.3	1.3	6.9	0.1
8	0.20	813.9	867	19.3	1.5	7.4	0.1
9	0.13	828.4	868	21.0	2.1	10.2	0.3
10	0.06	842.0	868	22.8	4.3	15.9	0.6
11	-0.05	853.0	869	25.5	5.6	26.4	1.7
12	-0.08	855.0	869	26.3	3.8	30.3	2.2
13	-0.14	859.0	869	27.8	2.5	42.7	4.3
14	-0.18	861.0	869	28.8	2.1	53.6	6.8
15	-0.27	863.3	869	31.0	1.6	75.5	13.3
16	-0.35	864.4	869	33.0	1.4	93.7	20.5
17	-0.43	865.2	869	35.0	1.3	113.6	30.0
18	-0.50	865.7	869	36.8	1.2	130.9	39.8
19	-0.58	866.3	869	38.8	1.2	160.2	59.5
20	-0.66	866.5	869	40.8	1.1	173.1	69.4
21	-0.74	866.9	869	42.8	1.1	206.2	98.4
22	-0.83	867.1	869	45.0	1.0	227.9	120.2
23	-0.91	867.4	869	47.0	1.0	270.8	169.6
24	-0.98	867.8	869	48.8	1.0	361.3	301.5

