

Работа 3.4.2

Закон Кюри-Вейса

Гаврилин Илья Дмитриевич
Б01-101

18 октября 2022 г.

1 Аннотация

В работе изучили температурную зависимость магнитной восприимчивости ферромагнетика (гадолиний) выше точки Кюри. Определили значение температуры парамагнитной точки Кюри.

2 Теоретические сведения

Гадолиний является хорошим проводником электрического тока, а рабочая частота генератора достаточно велика (~ 50 кГц), поэтому для уменьшения вихревых токов образец изготовлен из мелких кусочков размером $\sim 0,5$ мм. Катушка 1 с образцом помещена в стеклянный сосуд 2, залитый трансформаторным маслом.

Масло предохраняет образец от окисления и способствует ухудшению электрического контакта между отдельными частичками образца. Кроме того, оно улучшает тепловой контакт между образцом и термостатируемой (рабочей) жидкостью 3 в термостате. Ртутный термометр 4 используется для приближённой оценки температуры.

При изменении температуры меняется магнитная восприимчивость образца χ , а следовательно, самоиндукция катушки и период колебаний τ автогенератора. Для измерения периода используется частотомер. Закон Кюри Вейсса справедлив, если выполнено соотношение:

$$\frac{1}{\chi} \sim (T - \Theta_p) \sim \frac{1}{(\tau^2 - \tau_o^2)}$$

где τ_o - период колебаний в отсутствие образца. Измерения проводятся в интервале температур от 12°C до 40°C . С целью экономии времени следует начинать измерения с низких температур.

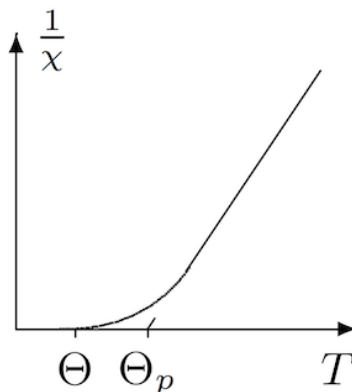


Рис. 1: Теоретическая зависимость магнитной восприимчивости от температуры

Для охлаждения образца используется холодная водопроводная вода, циркулирующая вокруг сосуда с рабочей жидкостью (дистиллированной водой); рабочая жидкость постоянно перемешивается.

Величина стабилизируемой температуры задаётся на дисплее 5 термостата. Для нагрева служит внутренний электронагреватель, не показанный на рисунке.

Когда температура рабочей жидкости в сосуде приближается к заданной, непрерывный режим работы нагревателя автоматически переходит в импульсный (нагреватель то включается, то выключается) - начинается процесс стабилизации температуры.

Температура исследуемого образца всегда несколько отличается от температуры дистиллированной воды в сосуде. После того как вода достигла Заданной температуры, идёт медленный процесс выравнивания температур образца и воды. Разность их температур контролируется с помощью медноконстантановой термопары 6 и цифрового вольтметра. Один из спаев термопары находится в тепловом контакте с образцом, а другой погружён в воду. Концы термопары подключены к цифровому вольтметру. Рекомендуется измерять период колебаний автогенератора в тот момент, когда указанная разность температур становится $\leq 0,5^\circ\text{C}$. Чувствительность термопары $K = 24$ град /В

3 Ход работы

1. Подождем охлаждения установки и термостата, дождемся стабилизации показаний частотомера.
2. Дождаясь момента когда разница между Температурой масла и воды станет $< 0.5 \%$. При этом записываем напряжение с учетом знака, для последующей корректировки температуры.

$$T_{\text{действ}} = T_{\text{термометр}} + KU_{\text{вольтметр}}, k = 24 \text{ град/мВ}$$

3. Замерим показатели.

T, C^0	$\Delta U, \text{мВ}$	$T_{\text{образца}}, C^0$	$\tau, \text{мкс}$	$\tau^2 - \tau_0^2, \text{мкс}$
14.15	-0.005	14.03	8.0136	16.4807
16.11	-0.015	15.75	7.9553	15.5497
18.1	-0.017	17.692	7.8463	13.8273
20.1	-0.017	19.692	7.6717	11.1179
22.08	-0.016	21.696	7.4618	7.9414
24.09	-0.015	23.73	7.2824	5.2963
26.08	-0.018	25.648	7.2094	4.2384
28.09	-0.017	27.682	7.1673	3.6331
30.09	-0.011	29.826	7.1401	3.2439
32.07	-0.017	31.662	7.1222	2.9886
34.07	-0.017	33.662	7.1089	2.7994
36.06	-0.018	35.628	7.0994	2.6644
38.06	-0.019	37.604	7.0237	1.5953
40.04	-0.017	39.632	7.0086	1.3834

Таблица 1: Экспериментальные данные

4. Погрешности: Для погрешности частотомера имеем \pm единицы последнего разряда, для итогового $\tau^2 - \tau_0^2$ получем погрешность $\pm 0.0002 \text{ мкс}^2$, для температуры получим погрешность в среднем менее $< 0.5\%$, точную укажем на графике.

5. Построим зависимость $\frac{1}{\chi} = f(T)$

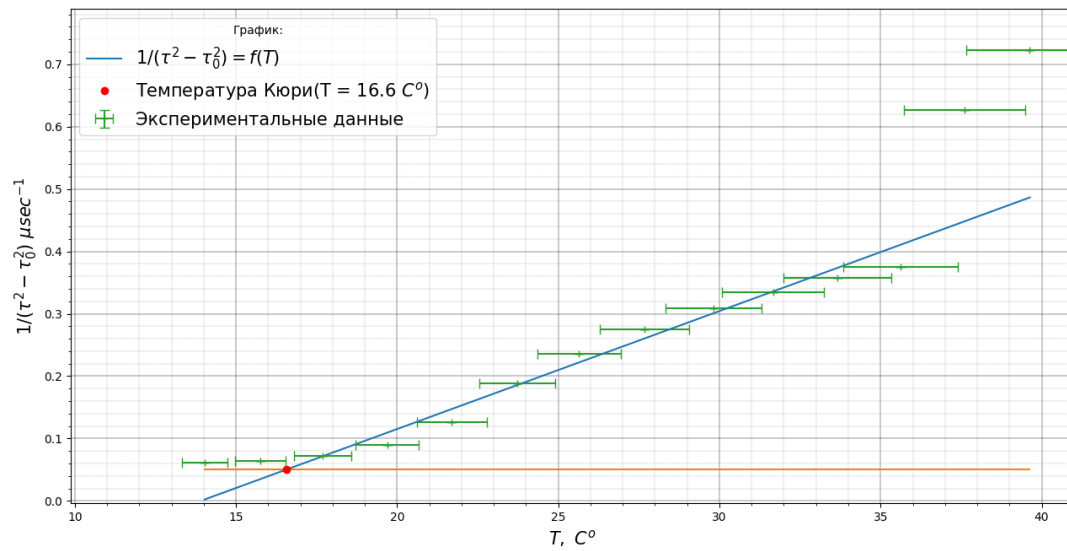


Рис. 2: Зависимость $\frac{1}{\chi} = f(T)$

По этой зависимости определили парамагнитную температуру Кюри, она оказалась равна: $\Theta_p = (16.6 \pm 1.2)\text{ }^\circ\text{C}$.

4 Выводы

1. Проверили справедливость закона Кюри-Вейса, начиная с некоторой температуры Зависимость становится линейной.
2. Нашли парамагнитную температуру Кюри: $\Theta_p = (16.6 \pm 1.2)\text{ }^\circ\text{C}$, она оказалась сходной с точкой Кюри: $T_k = 292\text{ K}$.