

# Работа 3.4.2

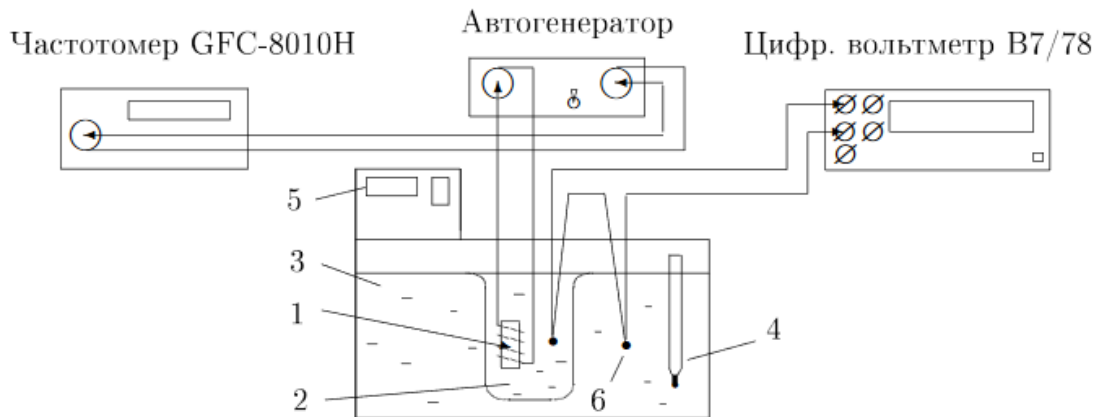
## Закон Кюри-Вейсса

Панферов Андрей

### 1 Экспериментальная установка

**В работе используются:** катушка самоиндукции с образцом из гадолиния, гермостат, частотомер, цифровой вольтметр, LC-автогенератор, термопара медь-константан.

Экспериментальная установка. Схема установки для проверки Закона Кюри Вейсса показана на рис. ???. Исследуемый ферромагнитный образец (гадолиний) расположен внутри пустотелой катушки самоиндукции, которая служит индуктивностью колебательного контура, входящего в состав LC -автогенератора. Автогенератор собран на полевом транзисторе КП-103 и смонтирован в виде отдельного блока.



Гадолиний является хорошим проводником электрического тока, а рабочая частота генератора достаточно велика ( $\sim 50$  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  $\chi$ , а следовательно, самоиндукция катушки и период колебаний  $\tau$  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  $\tau_o$  - период колебаний в отсутствие образца. Измерения проводятся в интервале температур от  $12^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$ . С целью экономии времени следует начинать измерения с низких температур.

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.

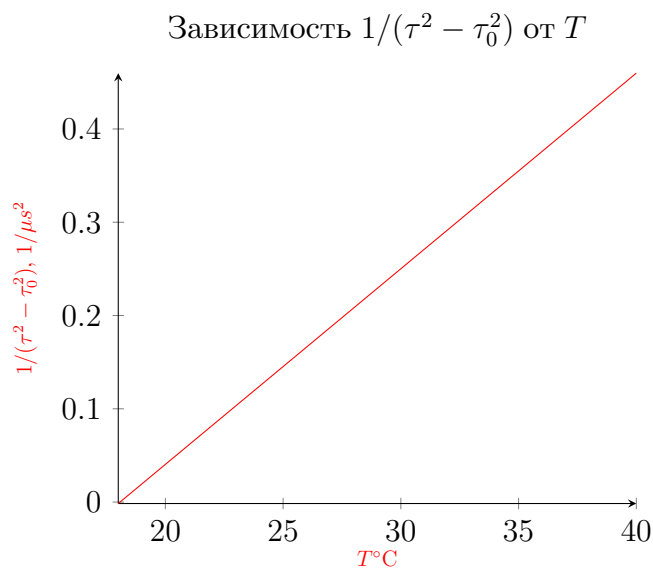
Температура исследуемого образца всегда несколько отличается от температуры дистиллированной воды в сосуде. После того как вода достигла Заданной температуры, идёт медленный процесс выравнивания температур образца и воды. Разность их температур контролируется с помощью медноконстантановой термопары 6 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  $K = 24 \text{ град} / \text{V}$

## 2 Результаты измерений и их обработка

Измерим зависимость  $\tau$  от температуры образца и занесем результаты в *Таблицу ??*

$\tau$ , мкс	$U$ , мВ	$T^{\circ}\text{C}$	$1/(\tau^2 - \tau_0^2)$	$T^{\circ}\text{C}$
10.154	-0.02	12.0	0.0286	11.95
10.0868	-0.02	14.02	0.0297	13.97
9.9702	-0.02	16.02	0.0319	15.97
9.8791	-0.02	17.11	0.0339	17.06
9.7815	-0.02	18.0	0.0363	17.95
9.6377	-0.02	19.01	0.0403	18.96
9.459	-0.02	20.01	0.0468	19.96
9.0662	-0.019	22.01	0.0709	21.96
8.7512	-0.02	24.02	0.1178	23.97
8.6131	-0.02	26.02	0.1642	25.97
8.5365	-0.02	28.02	0.2094	27.97
8.4882	-0.02	30.01	0.2529	29.96
8.4551	-0.02	32.0	0.2947	31.95
8.4302	-0.02	34.0	0.3364	33.95
8.4111	-0.02	36.01	0.3772	35.96
8.3966	-0.02	38.0	0.4154	37.95
8.3847	-0.02	40.0	0.453	39.95
$\sigma T_{true} \approx 0.02 + 0.03^{\circ}\text{C} = 0.05^{\circ}\text{C}$		$\delta 1/(\tau^2 - \tau_0^2) \approx 0.02$		

Таблица 1: Данные измерений



Построим график зависимости  $1/(\tau^2 - \tau_0^2)$  от  $T$ . Экстраполируем линейный участок зависимости, чтобы определить  $\theta_p$  и  $\theta_k$  для гадолиния. Находим:

$$\theta_p = 18.1 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_k \approx 22 \pm 2^{\circ}\text{C}$$

Погрешность  $\theta_p$  оценим через МНК линейной области. Погрешность  $\theta_k$  оценим по близлежащим точкам. Сравнивая с табличным  $\theta_{k\text{ tab}} = 20.2^{\circ}\text{C}$ , видим, что значение попадает в доверительный интервал.

— Экспериментальные точки

### 3 Выводы

Мы проверили закон Кюри-Вейсса вблизи точки Кюри и получили результаты, согласующиеся с теорией. Значение температуры Кюри совпало с табличным.