

Группа Р 3110 К работе допущен \_\_\_\_\_  
Студент Лебедев Вадим Антонович Работа выполнена \_\_\_\_\_  
Преподаватель Корсаков Максим Петрович Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.07

Изучение свойств ферромагнетика.

### 1. Цель работы.

Определение основных магнитных характеристик (магнитной индукции насыщения, остаточной намагниченности, коэрцитивной силы, относительной магнитной проницаемости) и построение соответствующих графиков по полученным данным.

### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Произвести необходимые измерения.
2. По полученным данным построить петлю гистерезиса.
3. Построение графика зависимости магнитной индукции в ферромагнетике от напряженности магнитного поля.
4. Построение графика зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля.

### 3. Объект исследования.

Ферромагнетик

### 4. Метод экспериментального исследования.

### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$1) H = \frac{N_1}{l \cdot R_1} \cdot K_X \cdot X = a \cdot K_X \cdot X$$

$$2) B = \frac{R_2 \cdot C_1}{N_2 S} \cdot K_Y \cdot Y = \beta \cdot K_Y \cdot Y$$

$$3) P = \chi \cdot S_{\text{пр}}$$

$$4) \chi = K_X K_Y \frac{N_1 R_2 C_1}{N_2 R_1} f$$

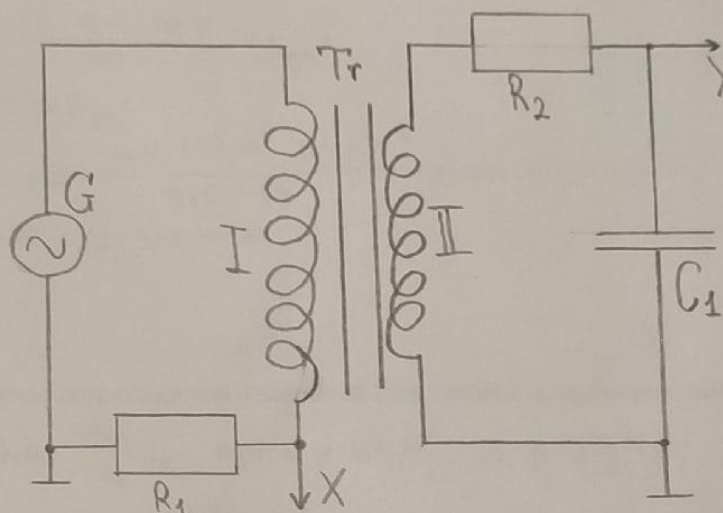
$$5) S = \frac{\text{кв. внут} + 0,5 \cdot \text{кв на 2р-ые}}{100}$$

$$6) \mu = \frac{B}{\mu_0 \cdot H}$$

7. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	осциллограф	электронный	0-1 Тл 0-100 $\frac{\Lambda}{\text{м}}$	-

8. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).



9. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

$$a = \frac{N_1}{e R_1} = 313,9 \frac{1}{\text{ам} \cdot \text{м}}$$

$$\beta = \frac{R_2 C_1}{N_2 S} = 3,56 \frac{\text{ам} \cdot \text{Ф}}{\text{м}^2}$$

$$H_c = a \cdot K_x \cdot X = 313,9 \cdot 0,1 \cdot 0,8 = 25,1 \frac{\Lambda}{\text{м}} \text{ (создаваемая сила)}$$

$$B_r = \beta \cdot K_y \cdot Y = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 1 = 0,18 \text{ Тл (остаточная индукция)}$$

$$H_m = 313,9 \cdot 0,1 \cdot 2,4 = 75,3 \frac{\Lambda}{\text{м}}$$

$$B_m = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,2 = 0,39 \text{ Тл}$$

$$\mu_m = \frac{0,39}{4\pi \cdot 10^{-4} \cdot 75,3} = 4121,5 \frac{\Gamma_{\text{н}}}{\text{м}}$$

10. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

$$S = \frac{\text{кв. внутри петли} + 0,5 \cdot \text{кв. на тран.}}{100}$$

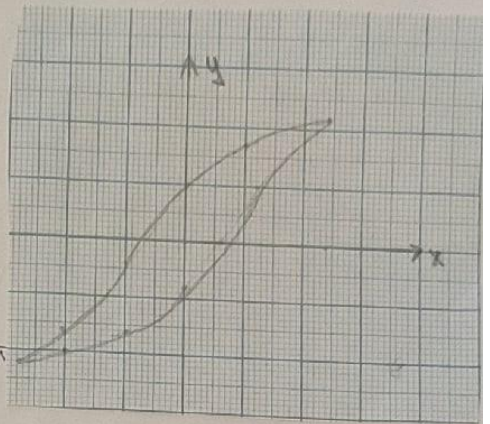
$$S = \frac{439 + 0,5 \cdot 161}{100} = 5,2 \text{ гел}^2$$

$$\Delta S = \frac{0,5 \cdot \text{кв. на тран.}}{100} = 0,8 \text{ гел}^2$$

$$S = (5,2 \pm 0,8) \text{ гел}^2$$

$$\chi = 0,1 \cdot 0,05 \cdot \frac{1665 \cdot 440 \cdot 10^3 \cdot 0,44 \cdot 10^{-6}}{970 \cdot 68} \cdot 20 = 836 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$$

$$P = 836 \cdot 10^{-6} \cdot 5,2 = 4,35 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$



11. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

$$P = k_x k_y \frac{N_1 R_2 C_1}{N_2 R_1} f d, \text{ пусть } d = k_x k_y f \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow P = d \frac{R_2 C_1}{R_1} S$$

$$d = 0,1 \cdot 0,05 \cdot 30 \cdot \frac{1665}{970} = 0,26$$

$$\Delta P = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial R_2} \Delta R_2\right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial C_1} \Delta C_1\right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial R_1} \Delta R_1\right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial S} \Delta S\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(d \frac{C_1 S}{R_1} \Delta R_2\right)^2 + \left(d \frac{R_2 S}{R_1} \Delta C_1\right)^2 + \left(d \frac{R_2 C_1}{R_1} \Delta S\right)^2 + \left(d \frac{R_2 C_1}{R_1^2} \Delta R_1\right)^2} =$$

$$= 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ Вт}$$

$$\varepsilon_P = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100\% = 23,1\%$$

$$P = (4,35 \pm 0,99) \cdot 10^{-3} \text{ Вт}; \quad \varepsilon_P = 23,1\%, \quad d = 0,95$$

12. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

Представлены отдельно в приложении 2.



### 13. Окончательные результаты.

$$H_c = 25,1 \frac{A}{м}$$

$$B_r = 0,18 Тл$$

$$H_m = 45,3 \frac{A}{м}$$

$$B_m = 0,38 Тл$$

$$\mu_m = 4121,5 \frac{Вб}{м}$$

$$P = (4,35 \pm 0,98) \cdot 10^{-3}, \epsilon_p = 23,1\%, \lambda = 0,95$$

$$H_{max} = 4896,8 \frac{A}{м} \text{ при } H = 43,9 \frac{A}{м}$$

### 14. Выводы и анализ результатов работы

Я исследовал основные св-ва и характеристики ферромагнетиков с помощью осциллографа. В ходе работы мною были получены графики кривой намагничивания и зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля, значение остаточной индукции от коэрцитивной силы, магнитной проницаемости в состоянии насыщения. После мною были рассчитаны мощность потерь энергии в процессе перемагничивания, магн.-ое значение проницаемости и напряженность поля, при которой этот процесс наблюдается.

Таблица 1

$X_c$ , дел.	$Y_r$ , дел.	$H_c$ , А/м	$B_r$ , Тл
0,8	1,0	25,1	0,18

Таблица 2

$X_m$ , дел.	$Y_m$ , дел.	$H_m$ , А/м	$B_m$ , Тл	$\mu_m$
2,4	2,2	75,3	0,39	4121,5

$$N_1 = 1665 \text{ вит}$$

$$N_2 = 8970 \text{ вит}$$

$$R_1 = 68 \text{ Ом} \pm 1,0\%$$

$$R_2 = 470 \text{ кОм} \pm 1,0\%$$

$$I = 0,47 \text{ мА} \pm 1,0\%$$

$$S = 0,64 \pm 0,05 \text{ см}^2$$

Таблица 3: Результаты прямых измерений и расчетов

$U, В$	$X$ , дел.	$K_x$ , $\frac{В}{\text{дел}}$	$H$ , А/м	$Y$ , дел.	$K_y$ , $\frac{В}{\text{дел}}$	$B$ , Тл	$\mu$
20	2,4	0,1	75,3	2,2	0,05	0,39	4121,5
19	2,3	0,1	72,2	2,1	0,05	0,37	4080,1
18	2,2	0,1	69,1	2,0	0,05	0,36	4147,86
17	2,1	0,1	65,9	1,9	0,05	0,34	4107,7
16	1,9	0,1	59,6	1,8	0,05	0,32	4144,8
15	1,8	0,1	56,5	1,7	0,05	0,3	4227,5
14	1,7	0,1	54	1,6	0,05	0,3	4144,7
13	1,6	0,1	50,2	1,6	0,05	0,28	4440,8
12	1,4	0,1	43,9	1,5	0,05	0,27	4886,8
11	1,4	0,1	43,8	1,4	0,05	0,25	4534
10	1,1	0,1	34,5	1,2	0,05	0,21	4846,3
9	1	0,1	31,4	1	0,05	0,18	3845,64
8	0,9	0,1	28,3	0,8	0,05	0,14	3838,7
7	0,8	0,1	25,1	0,7	0,05	0,12	3806,4
6	0,7	0,1	22	0,7	0,05	0,12	4242,8
5	0,7	0,1	22	0,6	0,05	0,11	3880

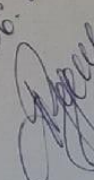
18.06.21  




График  $\mu(H)$

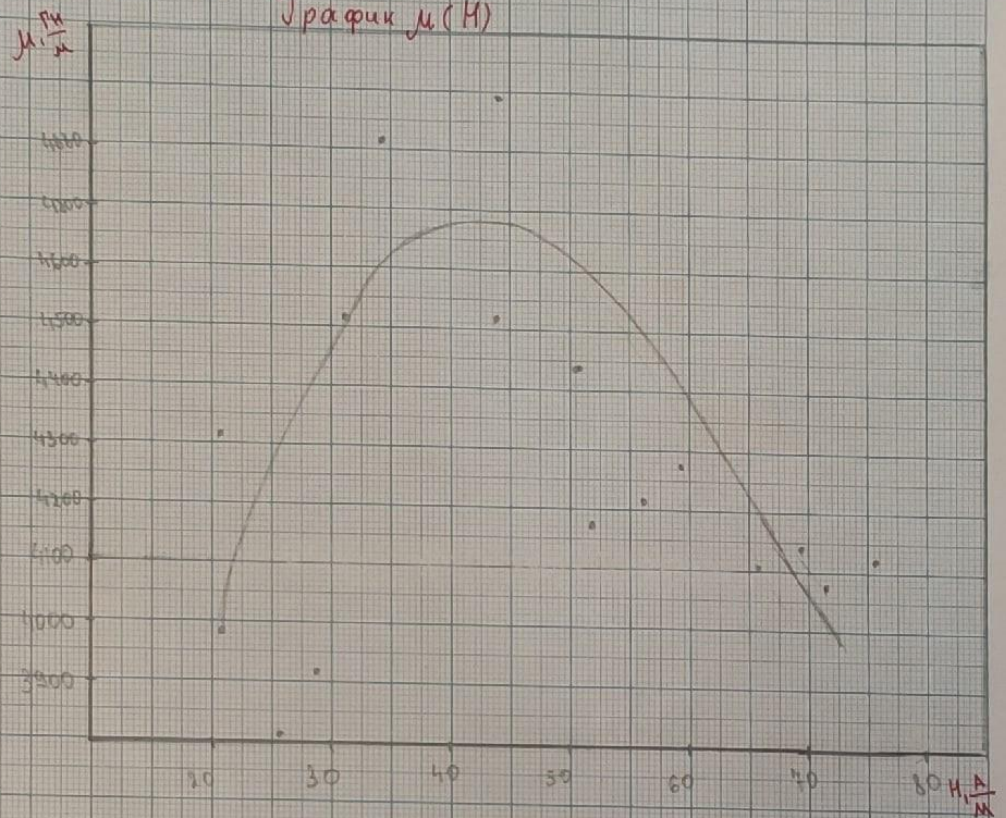


График  $B(H)$

