

П Р И Л О Ж Е Н И Е

к методическим указаниям
по выполнению лабораторных работ
раздела физики
"Электромагнетизм"

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Журнал отчётов
по лабораторным работам
студента _____
Ф.И.О.
группа _____

Издательство ТГТУ
2009

УДК 535
ББК В343я73-5
Б907

Р е ц е н з е н т

Доктор технических наук, профессор
кафедры "Автоматизированные системы и приборы" ТГТУ

Д.М. Мордасов

С о с т а в и т е л и:

Н.А. Булгаков, А.М. Савельев

Б907 Электромагнетизм : журнал отчётов по лабораторным работам / сост. : Н.А. Булгаков, А.М. Савельев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 36 с. – 200 экз.

Даны вспомогательные материалы, необходимые при оформлении отчётов по лабораторным работам.

Предназначен для студентов 1–2 курсов всех специальностей и форм обучения инженерного профиля.

УДК 535
ББК В343я73-5

© ГОУ ВПО "Тамбовский государственный
технический университет" (ТГТУ), 2009

Учебное издание

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Журнал отчётов по лабораторным работам

С о с т а в и т е л и:

БУЛГАКОВ Николай Александрович,
САВЕЛЬЕВ Александр Михайлович

Редактор Ю.М. Ш и м а н о в а
Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Р ы ж к о в а

Подписано в печать 03.02.2009
Формат 60 × 84/16. 2,09 усл. печ. л. Тираж 200 экз. Заказ № 37

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

Лабораторная работа 1

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
ВЕКТОРА ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ**

Работа выполнена " ____ " _____ 20 ____ г.
(подпись)

Работа зачтена " ____ " _____ 20 ____ г.
(подпись)

Таблица

	$I,$ мА	α_i		$\bar{\alpha}_i = \frac{\alpha'_i + \alpha''_i}{2}$	$\text{tg } \bar{\alpha}_i$	$B_{0i}, \text{ Тл}$	$\Delta B_{0i}, \text{ Тл}$
		α'_i	α''_i				
1							
2							
3							
4							
5							
						$\bar{B}_0, \text{ Тл}$	$\Delta \bar{B}_0, \text{ Тл}$

1. Для каждого из средних углов по формуле (3) рассчитаем горизонтальную составляющую вектора индукции магнитного поля Земли B_0 и её среднюю величину:

$$B_{0i} = \frac{\mu_0 N}{2R} \frac{I_i}{\text{tg } \bar{\alpha}_i};$$

$$B_{01} = \frac{\cdot}{2 \cdot \underline{\quad}} \cdot \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ Тл};$$

$$B_{02} = \frac{\cdot}{2 \cdot \underline{\quad}} \cdot \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ Тл};$$

$$B_{03} = \frac{\cdot}{2 \cdot \underline{\quad}} \cdot \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ Тл};$$

$$B_{04} = \frac{\dots}{2 \cdot \dots} = \dots \text{ Тл};$$

$$B_{05} = \frac{\dots}{2 \cdot \dots} = \dots \text{ Тл};$$

$$\bar{B}_0 = \frac{\Sigma B_{0i}}{5} = \frac{\dots + \dots + \dots + \dots}{5} = \dots \text{ Тл}.$$

2. Для одного из опытов, например для $i = \dots$, найдём относительную и абсолютную погрешность искомой величины B_0 :

$$E = \frac{\Delta B_0}{B_0} = \frac{\Delta \mu_0}{\mu_0} + \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta I_i}{I_i} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{2\Delta \alpha_i}{\sin 2\alpha_i}.$$

Ошибкой $\Delta \mu_0$ в силу её малости пренебрегаем, погрешность $\Delta \alpha$ берём в радианах как половину цены деления шкалы компаса, выраженную также в радианах. Погрешность ΔI определяем по классу точности миллиамперметра, $\Delta R = \dots$ м, $\Delta N = 1$.

$$\frac{\Delta B_0}{B_0} = \dots + \dots + \dots + \frac{2 \cdot \dots}{\dots} = \dots.$$

$$\Delta B_0 = \dots \cdot \left(\dots + \dots + \dots + \frac{2 \cdot \dots}{\dots} \right) = \dots \text{ Тл}.$$

3. Окончательное значение искомой величины

$$B_0 = \dots \pm \dots, \text{ Тл}.$$

4. Выводы: _____

Лабораторная работа 2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА
"МЕТОДОМ МАГНЕТРОНА"**

Работа выполнена " ____ " _____ 20 ____ г. _____
(подпись)

Работа зачтена " ____ " _____ 20 ____ г. _____
(подпись)

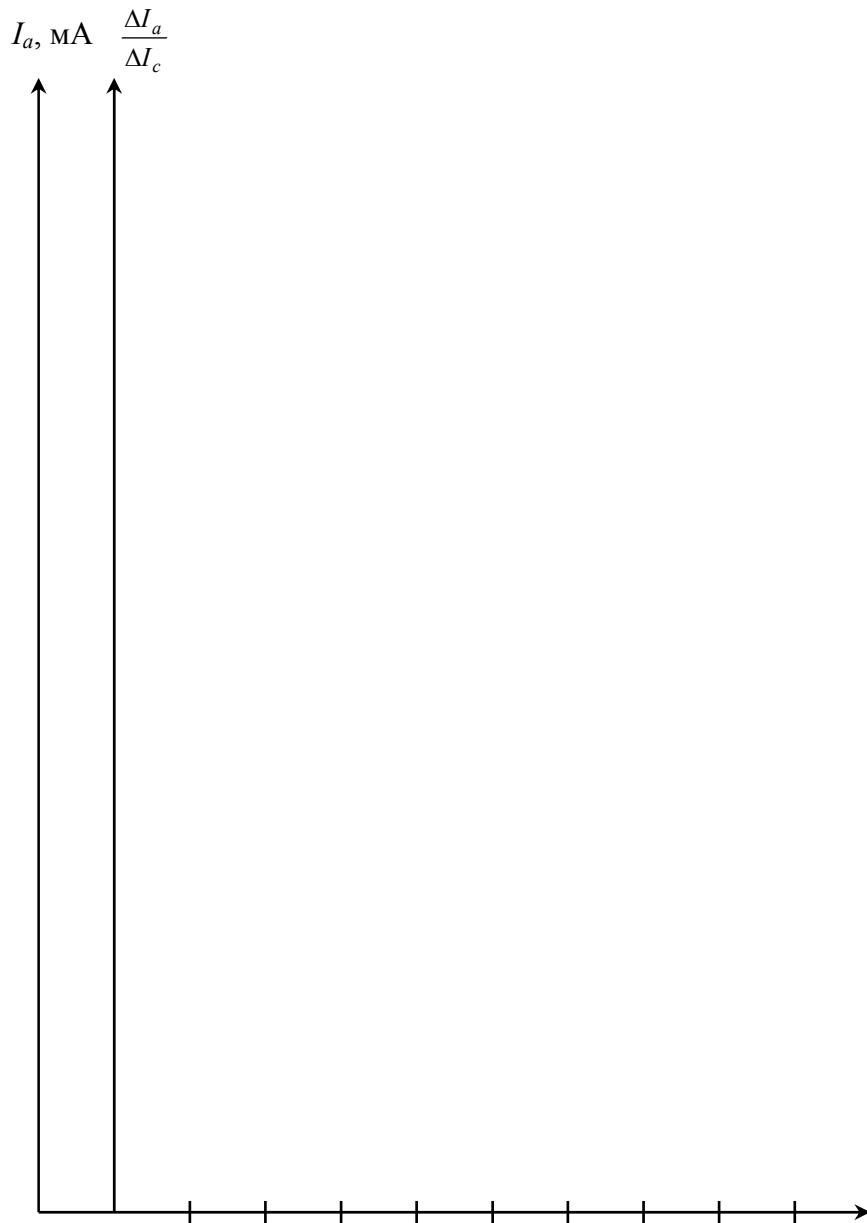
14								
15								
16								
17								
18								

1. Строим графики зависимостей $I_a = f(I_c)$ и $\frac{\Delta I_a}{\Delta I_c} = f(I_c)$:

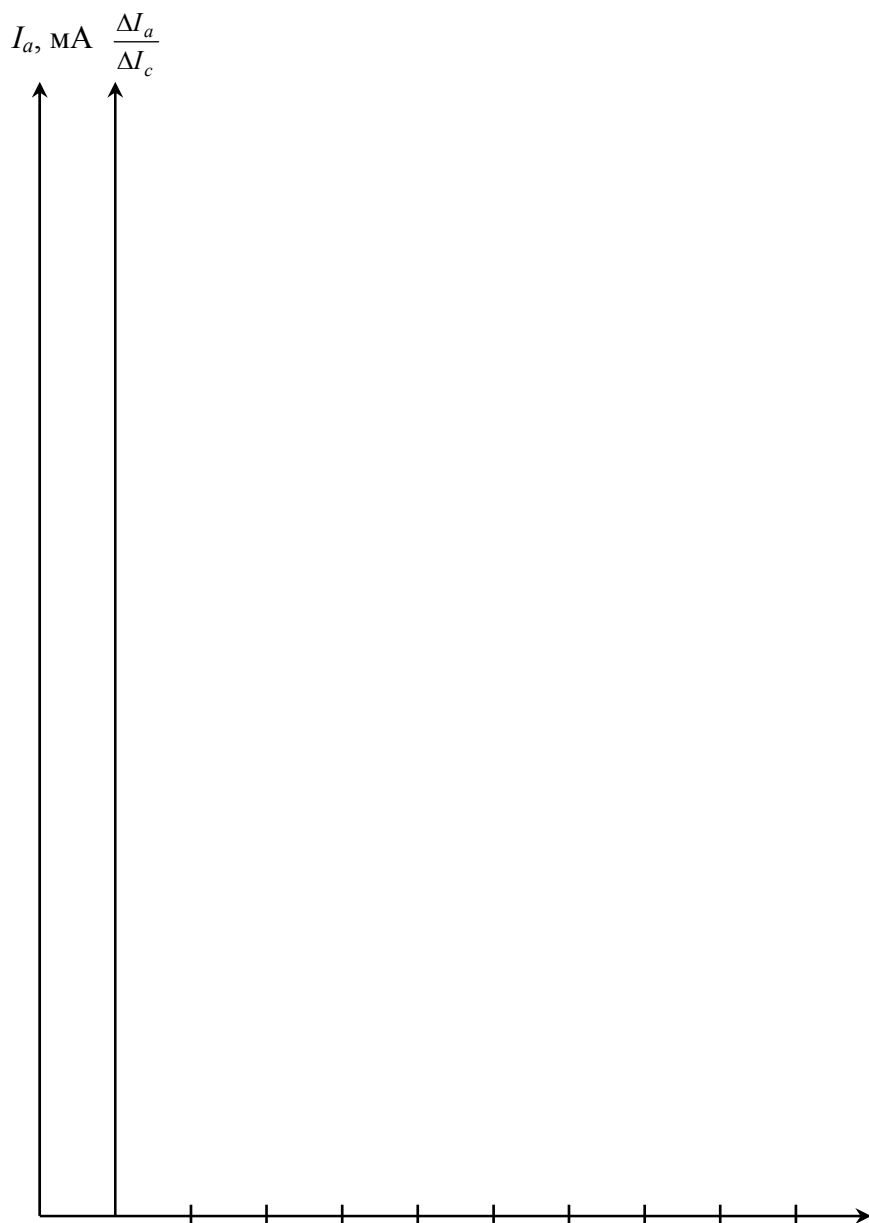
a) $U_{a1} = \text{_____ В}$;



0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 I_c , A
б) $U_{a_2} =$ _____ В;



0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 I_c , A
в) $U_{a_3} =$ _____ В.



0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 I_c , A

2. По графикам зависимости $\frac{\Delta I_a}{\Delta I_c}$ найдём три значения критического тока соленоида:

а) $(I_c)_{1кр} = \text{_____ A}$; б) $(I_c)_{2кр} = \text{_____ A}$; в) $(I_c)_{3кр} = \text{_____ A}$.

3. По формуле (8) для заданных величин напряжений и найденных $(I_c)_{кр}$ вычислим критические значения индукции $(B_{кр})$ магнитного поля:

$$B_{1\text{кр}} = \frac{\mu_0(I_c)_{1\text{кр}} N}{\sqrt{4R^2 + L^2}} = \text{_____} = \text{_____ Тл};$$

$$B_{2\text{кр}} = \frac{\mu_0(I_c)_{2\text{кр}} N}{\sqrt{4R^2 + L^2}} = \text{_____} = \text{_____ Тл};$$

$$B_{3\text{кр}} = \frac{\mu_0(I_c)_{3\text{кр}} N}{\sqrt{4R^2 + L^2}} = \text{_____} = \text{_____ Тл},$$

где $N = \text{_____}$; $R = \text{_____ м}$; $L = \text{_____ м}$ (приведены на установке).

4. Используя соотношение (9), найдём величины удельного заряда электрона для трёх случаев:

$$\left(\frac{e}{m}\right)_1 = \frac{8U_{a1}(4R^2 + L^2)}{\mu_0^2 r_a^2 (I_a)_{1\text{кр}}^2 N^2 \left(1 - \frac{r_k^2}{r_a^2}\right)} = \text{_____} = \text{_____} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}};$$

$$\left(\frac{e}{m}\right)_2 = \frac{8U_{a2}(4R^2 + L^2)}{\mu_0^2 r_a^2 (I_a)_{2\text{кр}}^2 N^2 \left(1 - \frac{r_k^2}{r_a^2}\right)} = \text{_____} = \text{_____} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}};$$

$$\left(\frac{e}{m}\right)_3 = \frac{8U_{a3}(4R^2 + L^2)}{\mu_0^2 r_a^2 (I_a)_{3\text{кр}}^2 N^2 \left(1 - \frac{r_k^2}{r_a^2}\right)} = \text{_____} = \text{_____} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}};$$

и среднее значение удельного заряда:

$$\left(\frac{e}{m}\right)_{\text{ср}} = \frac{\sum_i^3 (e/m)_i}{3} = \frac{\text{_____} + \text{_____} + \text{_____}}{3} = \text{_____} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}};$$

где $r_a = \text{--- м}$; $r_k = \text{--- м}$ (приведены на установке).

5. Рассчитаем относительные погрешности искомой величины (e/m) по формуле:

$$E_1 = \frac{\Delta(e/m)_1}{(e/m)_{\text{сп}}} = \frac{\Delta U_{a1}}{U_{a1}} + \frac{2\Delta\mu_0}{\mu_0} + \frac{2\Delta r_a}{r_a} + \frac{2(\Delta I_c)_{1\text{кр}}}{(I_c)_{1\text{кр}}} + \frac{2\Delta N}{N} + \frac{2\Delta r_k}{r_k} +$$

$$+ \frac{\Delta R \cdot R + \Delta L \cdot L}{R^2 + L^2} =$$

$$= \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} = \text{---};$$

$$E_2 = \frac{\Delta(e/m)_2}{(e/m)_{\text{сп}}} = \frac{\Delta U_{a2}}{U_{a2}} + \frac{2\Delta\mu_0}{\mu_0} + \frac{2\Delta r_a}{r_a} + \frac{2(\Delta I_c)_{2\text{кр}}}{(I_c)_{2\text{кр}}} + \frac{2\Delta N}{N} + \frac{2\Delta r_k}{r_k} +$$

$$+ \frac{\Delta R \cdot R + \Delta L \cdot L}{R^2 + L^2} =$$

$$= \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} = \text{---};$$

$$E_3 = \frac{\Delta(e/m)_3}{(e/m)_{\text{сп}}} = \frac{\Delta U_{a3}}{U_{a3}} + \frac{2\Delta\mu_0}{\mu_0} + \frac{2\Delta r_a}{r_a} + \frac{2(\Delta I_c)_{3\text{кр}}}{(I_c)_{3\text{кр}}} + \frac{2\Delta N}{N} + \frac{2\Delta r_k}{r_k} +$$

$$+ \frac{\Delta R \cdot R + \Delta L \cdot L}{R^2 + L^2} =$$

$$= \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} = \text{---}.$$

Ошибкой $\Delta\mu_0$ в силу её малости пренебрегаем, погрешности ΔI_c и ΔU_a определяем по классу точности амперметра и вольтметра:

$$\Delta I_c = \frac{a \cdot I_{c \text{ нр}}}{100} = \text{---} = \text{--- А};$$

$$\Delta U_a = \frac{a \cdot U_{a \text{ нр}}}{100} = \text{---} = \text{--- В},$$

где $a = 0,5$ – класс точности амперметра и вольтметра, а $I_{c\text{пр}}$ и $U_{a\text{пр}}$ – предельные значения I_c и U_a для используемых положений переключателей амперметра и вольтметра.

6. Из относительных погрешностей (e/m) выразим абсолютную:

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right)_i = \left(\frac{e}{m}\right)_{\text{ср}} \left(\frac{\Delta U_{a_i}}{U_{a_i}} + \frac{2\Delta r_a}{r_a} + \frac{2(\Delta I_c)_{i\text{кр}}}{(I_c)_{i\text{кр}}} + \frac{2\Delta N}{N} + \frac{\Delta R \cdot R + \Delta L \cdot L}{R^2 + L^2} + \frac{2\Delta r_k}{r_k} \right);$$

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right)_1 = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} \right) =$$

$$= \text{---} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}};$$

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right)_2 = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} \right) =$$

$$= \text{---} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}};$$

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right)_3 = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} \right) =$$

$$= \text{---} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}.$$

Среднее значение:

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right)_{\text{ср}} = \frac{\text{---} + \text{---} + \text{---}}{3} = \text{---} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

7. Окончательный результат имеет вид:

$$\frac{e}{m} = \left(\frac{e}{m}\right)_{\text{ср}} \pm \Delta\left(\frac{e}{m}\right)_{\text{ср}} = \text{---} \pm \text{---} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

1. По формуле (1) $H_i = \frac{i_i \cdot N_1}{l}$, где N_1 и l приведены на установке, рассчитаем все значения H_i и занесём их в таблицу.

2. Индукцию магнитного поля B_i тороида для всех полученных величин напряжённостей H_i вычислим по формуле

$$B_i = \frac{C_6 R_{\Pi} [(n - n_0) \cdot 10]}{2 S N_2},$$

где C_6 , R_{Π} , S и N_2 также приведены на установке.

Полученные значения B_i внесём в таблицу.

3. Соответствующие значения намагничённости тороида I_i найдем, подставляя уже полученные величины в формулу:

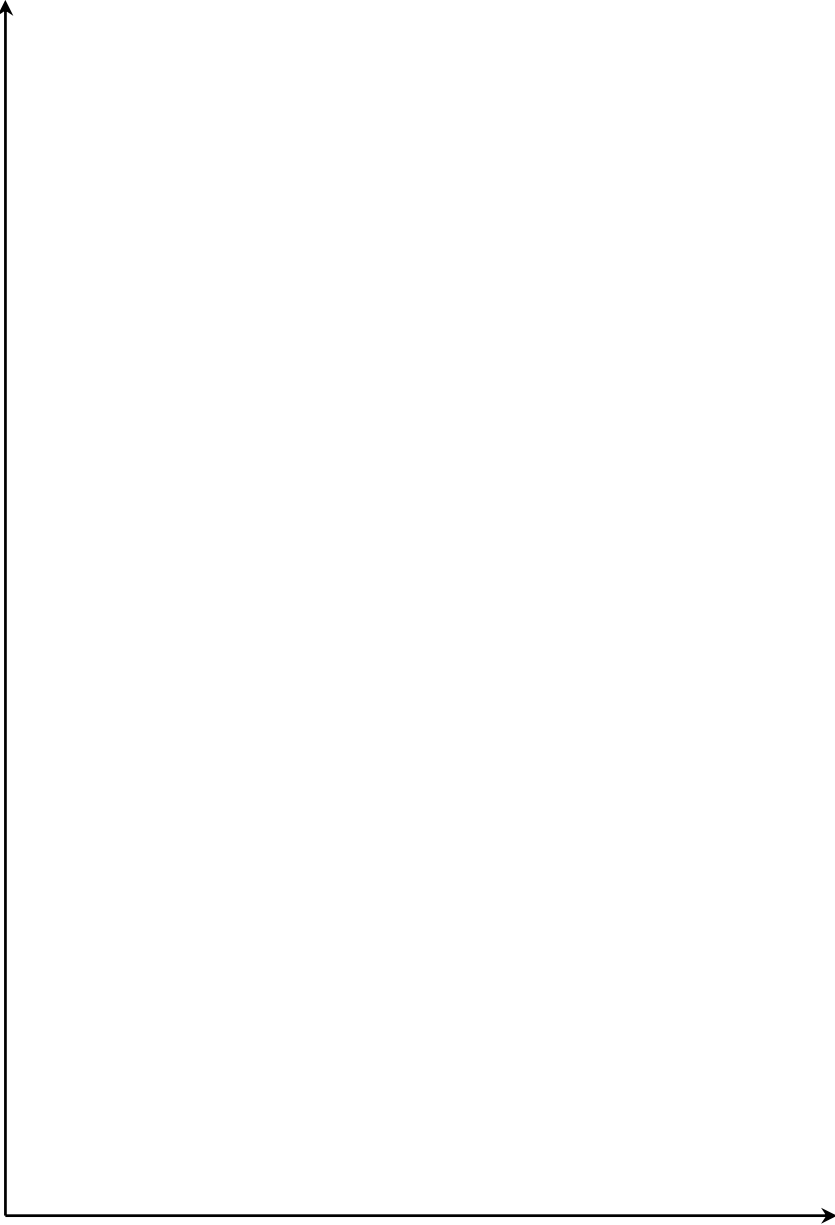
$$I_i = \frac{B_i}{\mu_0} - H_i.$$

Вычисленные I_i также внесем в таблицу.

4. Используя соотношение $\mu_i = \frac{B_i}{\mu_0 H_i}$, вычислим для всех найденных H_i и B_i значения относительной магнитной проницаемости μ_i железа. Полученные μ_i занесём в таблицу.

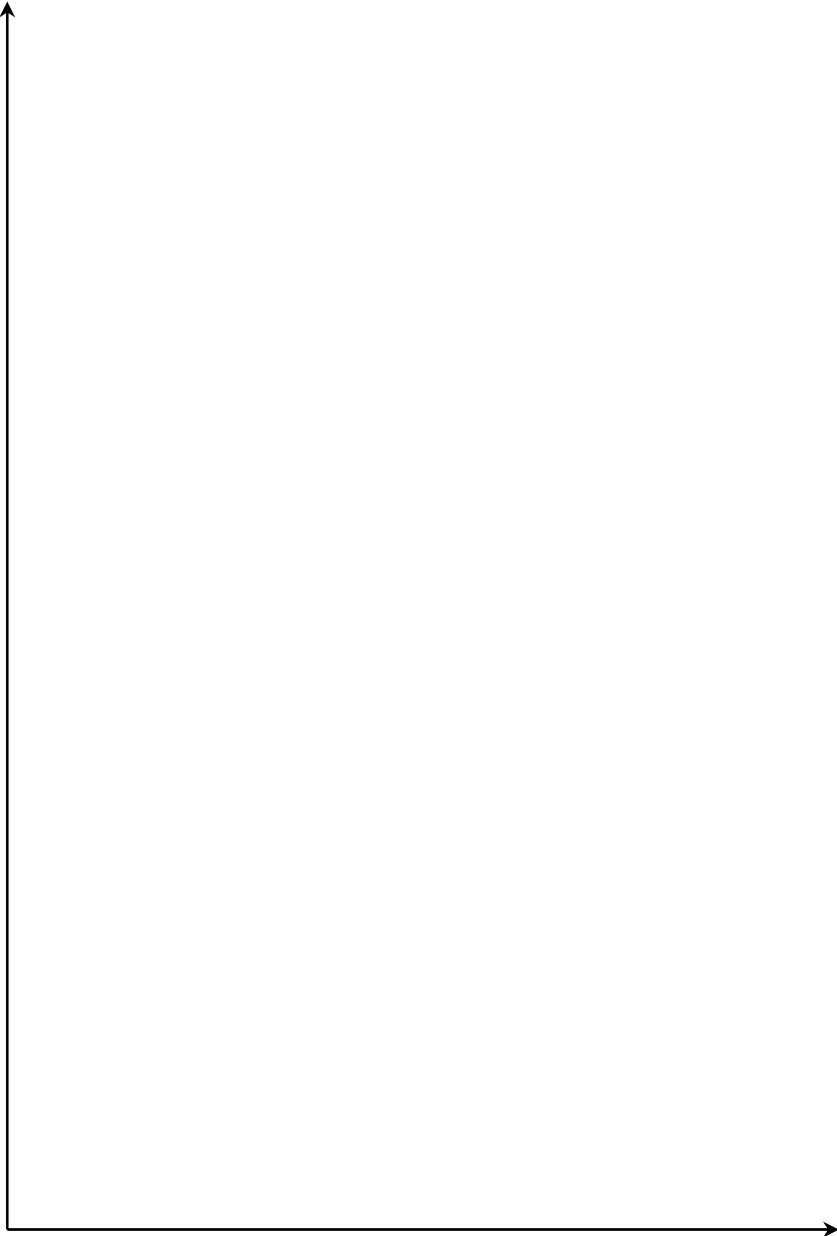
5. По результатам расчётов строим графики зависимостей: $\vec{B} = f_1(\vec{H})$; $\vec{I} = f_2(\vec{H})$; $\mu = f_3(\vec{H})$.

$B, \text{Tл}$

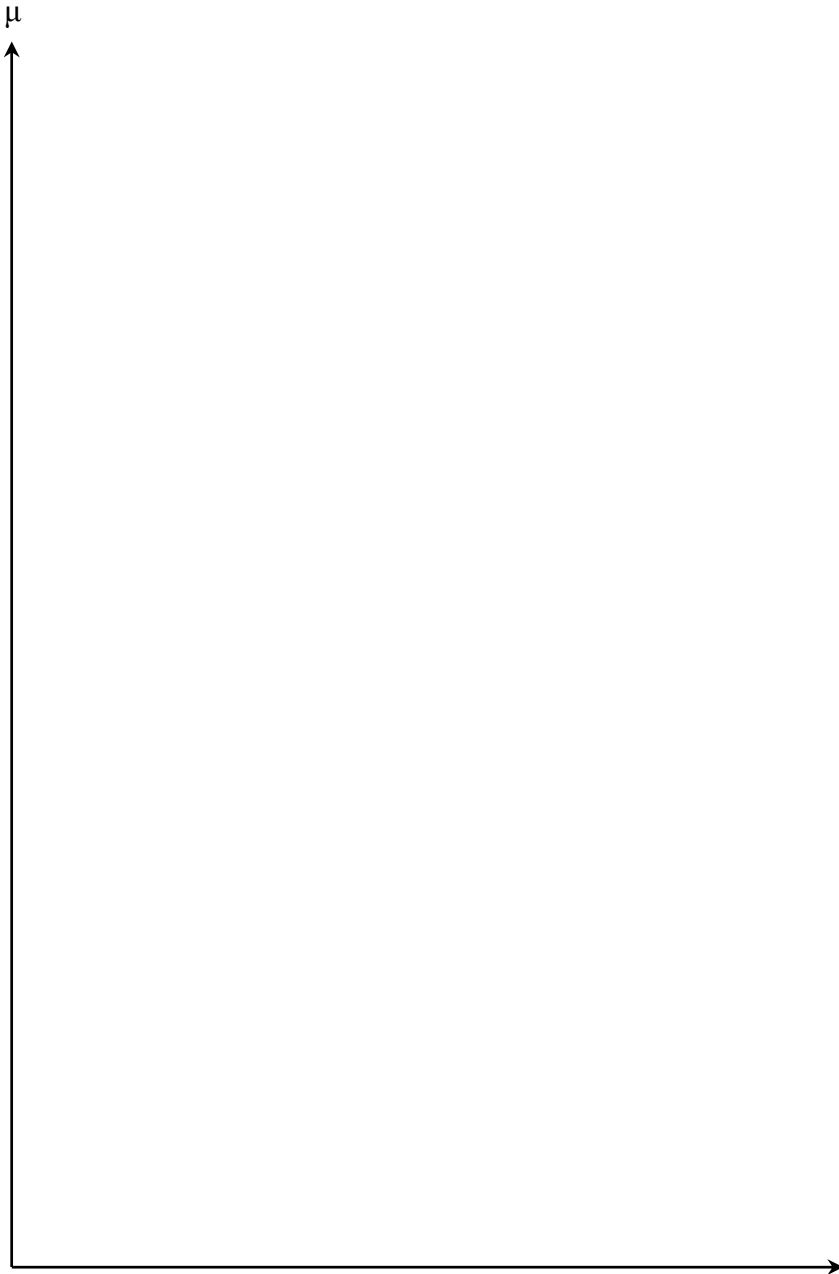


$H, \text{A/м}$

$I, \text{A/m}$



$H, \text{A/m}$



H , А/м

6. Рассчитаем относительные и абсолютные погрешности величин \bar{H} и \bar{B} при, например, $i = \underline{\hspace{2cm}}$ А:

$$\frac{\Delta H_i}{H_i} = \frac{\Delta i_i}{i_i} + \frac{\Delta N_1}{N_1} + \frac{\Delta l}{l} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$\Delta H_i = H_i \left(\frac{\Delta i_i}{i_i} + \frac{\Delta N_1}{N_1} + \frac{\Delta l}{l} \right) =$$

$$= \text{_____} \cdot \left(\text{_____} + \text{_____} + \text{_____} \right) = \text{_____} \text{ А/м},$$

тогда $H_i = H_{i\text{ср}} \pm \Delta H_i = \text{_____} \pm \text{_____} \text{ А/м};$

$$\frac{\Delta B_i}{B_i} = \frac{\Delta n_i}{n_i} + \frac{\Delta C_6}{C_6} + \frac{\Delta R_{\Pi}}{R_{\Pi}} + \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{2\Delta D}{D} + \frac{\Delta N_2}{N_2},$$

где D – диаметр сечения тороида; N_2 и R_{Π} – приведены на установке; $\Delta n = \Delta[(n - n_0) \times 10] = 1$ (одно деление шкалы гальванометра); ΔC_6 пренебрегаем в силу её малости. Тогда:

$$\frac{\Delta B_i}{B_i} = \frac{\Delta n_i}{n_i} + \frac{\Delta R_{\Pi}}{R_{\Pi}} + \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{2\Delta D}{D} + \frac{\Delta N_2}{N_2} =$$

$$= \text{_____} + \text{_____} + \text{_____} + \text{_____} + \text{_____} = \text{_____};$$

$$\Delta B_i = \text{_____} \cdot \left(\text{_____} + \text{_____} + \text{_____} + \text{_____} + \text{_____} \right) = \text{_____} \text{ Тл};$$

$$B_i = B_{i\text{ср}} \pm \Delta B_i = \text{_____} \pm \text{_____} \text{ Тл}.$$

7. Выводы: _____

Лабораторная работа 4

СНЯТИЕ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ И ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА

Работа выполнена " ____ " _____ 20 ____ г. _____
(подпись)

Работа зачтена " ____ " _____ 20 ____ г. _____
(подпись)

Таблица

№ п/п	U_x , В	U_y , В	H , А/м	B , Тл	μ	ΔH , А/м	ΔB , Тл	$\Delta \mu$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

1. Рассчитаем по формулам (8) и (9) величины напряжённости и индукции магнитного поля для всех измеренных значений напряжений U_x и U_y :

$$H_1 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_2 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_3 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_4 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_5 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_6 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_7 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_8 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_9 = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{2em}} \text{ А/м};$$

$$H_{10} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ А/м};$$

$$B_1 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$B_2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$B_3 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$B_4 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$B_5 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$B_6 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$B_7 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$B_8 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

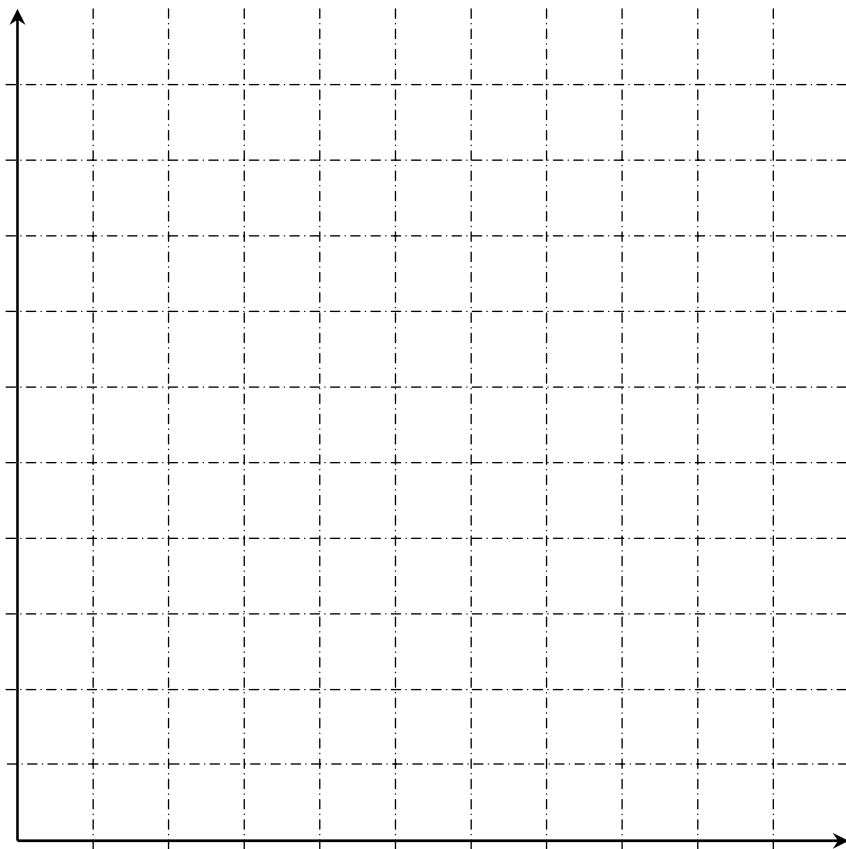
$$B_9 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$B_{10} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл.}$$

и заполним соответствующие графы таблицы.

2. Используя полученные величины, построим график зависимости $B = f(H)$:

B , Тл



H , А/м

3. По формуле $\mu = B/\mu_0 H$ рассчитаем значения магнитной проницаемости использованного магнетика:

$$\mu_1 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

$$\mu_2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

$$\mu_3 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

$$\mu_4 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

$$\mu_5 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

$$\mu_6 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

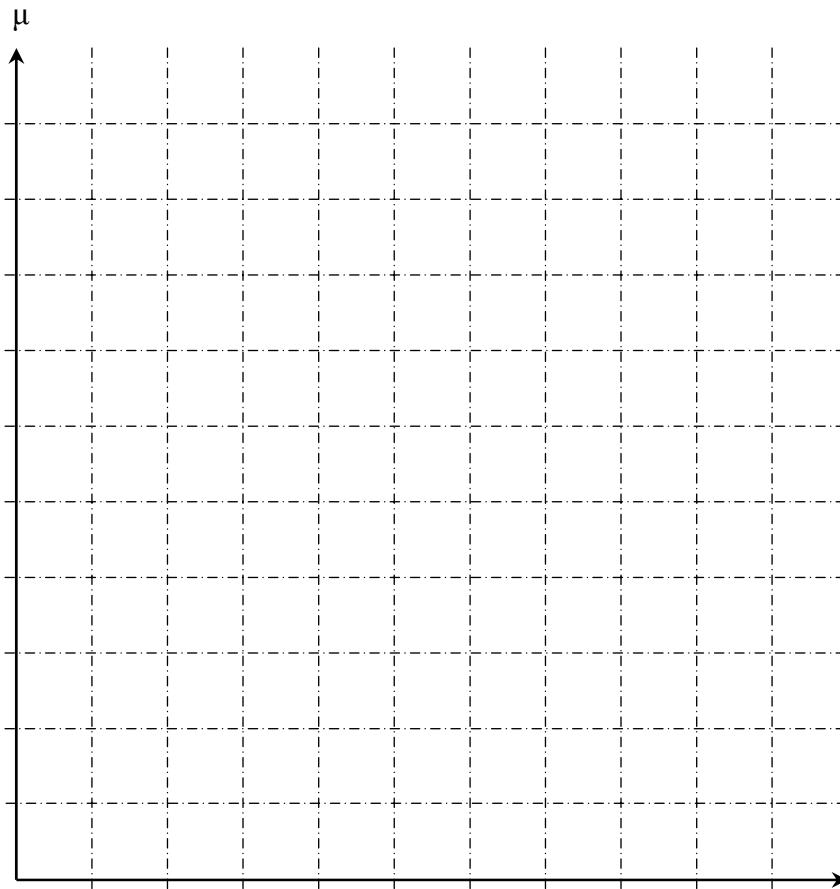
$$\mu_7 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

$$\mu_8 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

$$\mu_9 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} ;$$

$$\mu_{10} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{1cm}} .$$

Здесь $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная. Внесём полученные величины в таблицу и построим график $\mu = f(H)$:



$H, \text{A/м}$

4. Из соотношений (8) и (9) выразим и вычислим абсолютные погрешности ΔH , ΔB и $\Delta \mu$:

$$\Delta H_i = H_i \left(\frac{\Delta N_1}{N_1} + \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta U_x}{U_x} \right);$$

$$\Delta B_i = B_i \left(\frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta C_2}{C_2} + \frac{\Delta N_2}{N_2} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta U_y}{U_y} \right) \text{ и}$$

$$\Delta \mu_i = \mu_i \left(\frac{\Delta B_i}{B_i} + \frac{\Delta \mu_0}{\mu_0} + \frac{\Delta H_i}{H_i} \right).$$

Погрешности ΔR составляют 3 % от номинала, $\Delta N_1 = \Delta N_2 = 1$ витку, ошибки Δl , ΔS и ΔC берутся согласно правилу для известных величин, погрешностью $\Delta \mu_0$ пренебрегаем, а неточности ΔU_x и ΔU_y оцениваются по классу точности вольтметра. $\Delta U_i = \frac{a \cdot U_{\text{нр}}}{100}$, где a – класс точности, $U_{\text{нр}}$ – выставленное предельное значение измеряемого напряжения.

Подставляя числовые значения имеем:

$$\Delta H_1 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \left(\underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} \right) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_2 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_3 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_4 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_5 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_6 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_7 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_8 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_9 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta H_{10} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A/M};$$

$$\Delta B_1 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \left(\underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} \right) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ TЛ};$$

$$\Delta B_2 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ TЛ};$$

$$\Delta B_3 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$\Delta B_4 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$\Delta B_5 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$\Delta B_6 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$\Delta B_7 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$\Delta B_8 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$\Delta B_9 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл};$$

$$\Delta B_{10} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Тл}.$$

$$\Delta\mu_1 = \mu_1 \left(\frac{\Delta B_1}{B_1} + \frac{\Delta\mu_0}{\mu_0} + \frac{\Delta H_1}{H_1} \right) = \mu_1 \left(\frac{\Delta B_1}{B_1} + \frac{\Delta H_1}{H_1} \right) = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$\Delta\mu_2 = \mu_2 \cdot \left(\frac{\Delta B_2}{B_2} + \frac{\Delta H_2}{H_2} \right) = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \left(\underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} \right) = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$\Delta\mu_3 = \mu_3 \cdot \left(\frac{\Delta B_3}{B_3} + \frac{\Delta H_3}{H_3} \right) = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \left(\underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} \right) = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$\Delta\mu_4 = \mu_4 \cdot \left(\frac{\Delta B_4}{B_4} + \frac{\Delta H_4}{H_4} \right) = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \left(\underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} \right) = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$\Delta\mu_5 = \mu_5 \cdot \left(\frac{\Delta B_5}{B_5} + \frac{\Delta H_5}{H_5} \right) = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} \right) = \text{---} ;$$

$$\Delta\mu_6 = \mu_6 \cdot \left(\frac{\Delta B_6}{B_6} + \frac{\Delta H_6}{H_6} \right) = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} \right) = \text{---} ;$$

$$\Delta\mu_7 = \mu_7 \cdot \left(\frac{\Delta B_7}{B_7} + \frac{\Delta H_7}{H_7} \right) = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} \right) = \text{---} ;$$

$$\Delta\mu_8 = \mu_8 \cdot \left(\frac{\Delta B_8}{B_8} + \frac{\Delta H_8}{H_8} \right) = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} \right) = \text{---} ;$$

$$\Delta\mu_9 = \mu_9 \cdot \left(\frac{\Delta B_9}{B_9} + \frac{\Delta H_9}{H_9} \right) = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} \right) = \text{---} ;$$

$$\Delta\mu_{10} = \mu_{10} \cdot \left(\frac{\Delta B_{10}}{B_{10}} + \frac{\Delta H_{10}}{H_{10}} \right) = \text{---} \cdot \left(\text{---} + \text{---} \right) = \text{---} .$$

5. Выводы: _____

ИЗУЧЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В КОНТУРЕ

Работа выполнена " ____ " _____ 20 ____ г.
(подпись)

Работа зачтена " ____ " _____ 20 ____ г.
(подпись)

Задание I

Исследование зависимости периода колебаний от параметров колебательного контура: ёмкости C и индуктивности L

Заданы преподавателем:
 $L_i = L$ ____, $C_i = C$ ____,
 $L_j = L$ ____, $C_j = C$ ____

Таблица

Параметры контура	L_i, L_j , мГн	C_i, C_j , нФ	R_{L_i}, R_{L_j} , Ом	N	$t \cdot 10^5$, с	$T_{\text{эксп}} \cdot 10^5$, с	$T_{\text{теор}} \cdot 10^5$, с	E_T , %
L_i, C_j								
L_i, C_i								
L_j, C_i								
L_j, C_j								

1. По формуле (5) рассчитаем теоретические значения периодов ($T_{\text{теор}}$):

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{1}{L_i C_i} - \frac{R_{L_i}^2}{4L_i^2}} = 6,28 \sqrt{\frac{1}{L_i C_i} - \frac{R_{L_i}^2}{4L_i^2}} = \text{_____ с};$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{1}{L_i C_j} - \frac{R_{L_i}^2}{4L_i^2}} = 6,28 \sqrt{\frac{1}{L_i C_j} - \frac{R_{L_i}^2}{4L_i^2}} = \text{_____ с};$$

$$T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{1}{L_j C_i} - \frac{R_{L_j}^2}{4L_j^2}} = 6,28 \sqrt{\frac{1}{L_j C_i} - \frac{R_{L_j}^2}{4L_j^2}} = \text{_____ с};$$

$$T_4 = 2\pi \sqrt{\frac{1}{L_j C_j} - \frac{R_{L_j}^2}{4L_j^2}} = 6,28 \sqrt{\frac{1}{L_j C_j} - \frac{R_{L_j}^2}{4L_j^2}} = \text{_____ с}.$$

3											
4											

1. Сравняя осциллограммы, видим:

а) с увеличением ёмкости конденсатора C амплитуда колебаний _____;

б) с увеличением индуктивности катушки L амплитуда _____;

в) с увеличением омического сопротивления R амплитуда _____.

2. Сравняя амплитуды A_m и A_{m+N} (для соседних колебаний $N = 1$), рассчитаем логарифмические декременты затухания:

$$\delta_{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}};$$

$$\delta_{1R_i}^{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}} = \text{_____}; \quad \delta_{2R_i}^{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}} = \text{_____};$$

$$\delta_{3R_i}^{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}} = \text{_____}; \quad \delta_{4R_i}^{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}} = \text{_____};$$

$$\delta_{1R_j}^{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}} = \text{_____}; \quad \delta_{2R_j}^{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}} = \text{_____};$$

$$\delta_{3R_j}^{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}} = \text{_____}; \quad \delta_{4R_j}^{\text{эксп}} = \frac{1}{n} \ln \frac{A_m}{A_{m+N}} = \text{_____};$$

и добротности контуров:

$$Q_{\text{эксп}} = \pi / \delta_{\text{эксп}};$$

$$Q_{1R_i}^{\text{эксп}} = \frac{\pi}{\delta_{1R_i}^{\text{эксп}}} = \frac{\pi}{\text{_____}} = \text{_____}; \quad Q_{2R_i}^{\text{эксп}} = \frac{\pi}{\delta_{2R_i}^{\text{эксп}}} = \frac{\pi}{\text{_____}} = \text{_____};$$

$$Q_{3R_i}^{\text{эксп}} = \frac{\pi}{\delta_{3R_i}^{\text{эксп}}} = \frac{\pi}{\text{_____}} = \text{_____}; \quad Q_{4R_i}^{\text{эксп}} = \frac{\pi}{\delta_{4R_i}^{\text{эксп}}} = \frac{\pi}{\text{_____}} = \text{_____};$$

$$Q_{1R_j}^{\text{эксп}} = \frac{\pi}{\delta_{1R_j}^{\text{эксп}}} = \frac{\pi}{\text{_____}} = \text{_____}; \quad Q_{2R_j}^{\text{эксп}} = \frac{\pi}{\delta_{2R_j}^{\text{эксп}}} = \frac{\pi}{\text{_____}} = \text{_____};$$

$$Q_{3R_j}^{\text{эксп}} = \frac{\pi}{\delta_{3R_j}^{\text{эксп}}} = \frac{\pi}{\text{_____}} = \text{_____}; \quad Q_{4R_j}^{\text{эксп}} = \frac{\pi}{\delta_{4R_j}^{\text{эксп}}} = \frac{\pi}{\text{_____}} = \text{_____}.$$

3. Вычислим по формулам (7) и (8) теоретические значения логарифмических декрементов затухания и добротности контуров:

$$\delta_{1R_i}^{\text{teop}} = \pi R_i / \sqrt{\frac{L_i}{C_i} - \frac{R_i^2}{4}} = 3,14 \cdot \frac{\text{---}}{\sqrt{\frac{\text{---}}{4}}} = \text{---};$$

$$\delta_{2R_i}^{\text{teop}} = \pi R_i / \sqrt{\frac{L_i}{C_j} - \frac{R_i^2}{4}} = 3,14 \cdot \frac{\text{---}}{\sqrt{\frac{\text{---}}{4}}} = \text{---};$$

$$\delta_{3R_i}^{\text{teop}} = \pi R_i / \sqrt{\frac{L_j}{C_i} - \frac{R_i^2}{4}} = 3,14 \cdot \frac{\text{---}}{\sqrt{\frac{\text{---}}{4}}} = \text{---};$$

$$\delta_{4R_i}^{\text{teop}} = \pi R_i / \sqrt{\frac{L_j}{C_j} - \frac{R_i^2}{4}} = 3,14 \cdot \frac{\text{---}}{\sqrt{\frac{\text{---}}{4}}} = \text{---};$$

$$\delta_{1R_j}^{\text{teop}} = \pi R_j / \sqrt{\frac{L_i}{C_i} - \frac{R_j^2}{4}} = 3,14 \cdot \frac{\text{---}}{\sqrt{\frac{\text{---}}{4}}} = \text{---};$$

$$\delta_{2R_j}^{\text{teop}} = \pi R_j / \sqrt{\frac{L_i}{C_j} - \frac{R_j^2}{4}} = 3,14 \cdot \frac{\text{---}}{\sqrt{\frac{\text{---}}{4}}} = \text{---};$$

$$\delta_{3R_j}^{\text{teop}} = \pi R_j / \sqrt{\frac{L_j}{C_i} - \frac{R_j^2}{4}} = 3,14 \cdot \frac{\text{---}}{\sqrt{\frac{\text{---}}{4}}} = \text{---};$$

$$\delta_{4R_j}^{\text{teop}} = \pi R_j / \sqrt{\frac{L_j}{C_j} - \frac{R_j^2}{4}} = 3,14 \cdot \frac{\text{---}}{\sqrt{\frac{\text{---}}{4}}} = \text{---};$$

$$\theta_{1R_i}^{\text{teop}} = \frac{1}{R_i} \sqrt{\frac{L_i}{C_i} - \frac{R_i^2}{4}} = \text{---} \cdot \sqrt{\frac{\text{---}}{4}} = \text{---};$$

$$\theta_{2R_i}^{\text{teop}} = \frac{1}{R_i} \sqrt{\frac{L_i}{C_j} - \frac{R_i^2}{4}} = \text{---} \cdot \sqrt{\frac{\text{---}}{4}} = \text{---};$$

$$\theta_{3R_i}^{\text{teop}} = \frac{1}{R_i} \sqrt{\frac{L_j}{C_i} - \frac{R_i^2}{4}} = \text{---} \cdot \sqrt{\frac{\text{---}}{4}} = \text{---};$$

$$\theta_{4R_i}^{\text{teop}} = \frac{1}{R_i} \sqrt{\frac{L_j}{C_j} - \frac{R_i^2}{4}} = \text{---} \cdot \sqrt{\frac{\text{---}}{4}} = \text{---};$$

$$\theta_{1R_j}^{\text{teop}} = \frac{1}{R_i} \sqrt{\frac{L_i}{C_i} - \frac{R_j^2}{4}} = \text{---} \cdot \sqrt{\frac{\text{---}}{4}} = \text{---};$$

$$\theta_{2R_j}^{\text{teop}} = \frac{1}{R_i} \sqrt{\frac{L_i}{C_j} - \frac{R_j^2}{4}} = \text{---} \cdot \sqrt{\frac{\text{---}}{4}} = \text{---};$$

$$\theta_{3R_j}^{\text{теор}} = \frac{1}{R_i} \sqrt{\frac{L_j}{C_i} - \frac{R_j^2}{4}} = \dots \cdot \sqrt{\frac{\dots}{4}} = \dots;$$

$$\theta_{4R_j}^{\text{теор}} = \frac{1}{R_i} \sqrt{\frac{L_j}{C_j} - \frac{R_j^2}{4}} = \dots \cdot \sqrt{\frac{\dots}{4}} = \dots.$$

4. Сравним относительные погрешности, с которыми мы определили логарифмические декременты затухания и добротности контуров при различных сочетаниях параметров контура

$$\frac{|\delta_i^{\text{теор}} - \delta_i^{\text{эксп}}|}{\delta_i^{\text{теор}}} \quad \text{и} \quad \frac{|\theta_i^{\text{теор}} - \theta_i^{\text{эксп}}|}{\theta_i^{\text{теор}}}.$$

$$\frac{|\delta_{1R_i}^{\text{теор}} - \delta_{1R_i}^{\text{эксп}}|}{\delta_{1R_i}^{\text{теор}}} = \dots = \dots; \quad \frac{|\delta_{2R_i}^{\text{теор}} - \delta_{2R_i}^{\text{эксп}}|}{\delta_{2R_i}^{\text{теор}}} = \dots = \dots;$$

$$\frac{|\delta_{3R_i}^{\text{теор}} - \delta_{3R_i}^{\text{эксп}}|}{\delta_{3R_i}^{\text{теор}}} = \dots = \dots; \quad \frac{|\delta_{4R_i}^{\text{теор}} - \delta_{4R_i}^{\text{эксп}}|}{\delta_{4R_i}^{\text{теор}}} = \dots = \dots;$$

$$\frac{|\delta_{1R_j}^{\text{теор}} - \delta_{1R_j}^{\text{эксп}}|}{\delta_{1R_j}^{\text{теор}}} = \dots = \dots; \quad \frac{|\delta_{2R_j}^{\text{теор}} - \delta_{2R_j}^{\text{эксп}}|}{\delta_{2R_j}^{\text{теор}}} = \dots = \dots;$$

$$\frac{|\delta_{3R_j}^{\text{теор}} - \delta_{3R_j}^{\text{эксп}}|}{\delta_{3R_j}^{\text{теор}}} = \dots = \dots; \quad \frac{|\delta_{4R_j}^{\text{теор}} - \delta_{4R_j}^{\text{эксп}}|}{\delta_{4R_j}^{\text{теор}}} = \dots = \dots;$$

$$\frac{|\theta_{1R_i}^{\text{теор}} - \theta_{1R_i}^{\text{эксп}}|}{\theta_{1R_i}^{\text{теор}}} = \dots = \dots; \quad \frac{|\theta_{2R_i}^{\text{теор}} - \theta_{2R_i}^{\text{эксп}}|}{\theta_{2R_i}^{\text{теор}}} = \dots = \dots;$$

$$\frac{|\theta_{3R_i}^{\text{теор}} - \theta_{3R_i}^{\text{эксп}}|}{\theta_{3R_i}^{\text{теор}}} = \dots = \dots; \quad \frac{|\theta_{4R_i}^{\text{теор}} - \theta_{4R_i}^{\text{эксп}}|}{\theta_{4R_i}^{\text{теор}}} = \dots = \dots;$$

$$\frac{|\theta_{1R_j}^{\text{теор}} - \theta_{1R_j}^{\text{эксп}}|}{\theta_{1R_j}^{\text{теор}}} = \dots = \dots; \quad \frac{|\theta_{2R_j}^{\text{теор}} - \theta_{2R_j}^{\text{эксп}}|}{\theta_{2R_j}^{\text{теор}}} = \dots = \dots;$$

$$\frac{|\theta_{3R_j}^{\text{теор}} - \theta_{3R_j}^{\text{эксп}}|}{\theta_{3R_j}^{\text{теор}}} = \dots = \dots; \quad \frac{|\theta_{4R_j}^{\text{теор}} - \theta_{4R_j}^{\text{эксп}}|}{\theta_{4R_j}^{\text{теор}}} = \dots = \dots.$$

5. Выводы о качестве согласования опытных и теоретических значений δ и θ :

Задание III

Определение критического сопротивления колебательного контура при заданных величинах ёмкости и индуктивности

Таблица 3

Параметры контура	L_i, L_j , мГн	C_i, C_j , нФ	$R_{кр}^{эксп}$, Ом	$R_{кр}^{теор}$, Ом	$E_{R_{кр}}$, %

1. Вычислим теоретические значения критических сопротивлений для сочетаний параметров контура:

$$R_{кр1}^{теор} = 2 \cdot \sqrt{\frac{L_i}{C_i}} = 2 \cdot \sqrt{\quad} = \quad \text{Ом};$$

$$R_{кр2}^{теор} = 2 \cdot \sqrt{\frac{L_j}{C_i}} = 2 \cdot \sqrt{\quad} = \quad \text{Ом};$$

$$R_{кр3}^{теор} = 2 \cdot \sqrt{\frac{L_i}{C_j}} = 2 \cdot \sqrt{\quad} = \quad \text{Ом};$$

$$R_{кр4}^{теор} = 2 \cdot \sqrt{\frac{L_j}{C_j}} = 2 \cdot \sqrt{\quad} = \quad \text{Ом}.$$

2. Найдём погрешности в оценке критических сопротивлений:

$$E_{R_{кр1}} = \frac{|R_{кр1}^{теор} - R_{кр1}^{эксп}|}{R_{кр1}^{теор}} = \quad = \quad ;$$

$$E_{R_{кр2}} = \frac{|R_{кр2}^{теор} - R_{кр2}^{эксп}|}{R_{кр2}^{теор}} = \quad = \quad ;$$

$$E_{R_{кр3}} = \frac{|R_{кр3}^{теор} - R_{кр3}^{эксп}|}{R_{кр3}^{теор}} = \quad = \quad ;$$

$$E_{R_{кр4}} = \frac{|R_{кр4}^{теор} - R_{кр4}^{эксп}|}{R_{кр4}^{теор}} = \quad = \quad .$$

3. Выводы: _____