

Группа 3220

К работе допущен _____

Студент Гафурова Фарангиз Фуркатовна

Работа выполнена _____

Преподаватель Терещенко Георгий
Викторович

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе 3.13

Магнитное поле Земли

1. Цель работы

Исследование силовых характеристик магнитного поля Земли

2. Задачи, решаемые при выполнении задачи

- Провести измерения направления суммарного магнитного поля, создаваемого Землей и системой катушек Гельмгольца.
- Определить горизонтальную составляющую магнитного поля Земли.

3. Объект исследования

- Суперпозиция магнитного поля колец Гельмгольца и геомагнитного поля.

4. Метод экспериментального исследования

- Многократные прямые измерения физической величины с последующей обработкой.

5. Рабочие формулы и исходные данные

Физические величины:

B – индукция магнитного поля в пространстве между кольцами

B_h – горизонтальная составляющая вектора индукции магнитного поля Земли

B_c – величина магнитного поля катушек Гельмгольца

I – сила тока в катушках

$\langle I \rangle$ – среднее значение силы тока

n – число витков (100)

R – радиус колец (0,15 м)

φ – угол между направлением пробного поля и земного магнитного поля (160°)

α – угол между направлением результирующего поля и земного магнитного поля

Формулы:

$$B = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{In}{R} \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\varphi - \alpha)} \quad (2)$$

$$B_c = B_h * \gamma \quad (3)$$

$$\langle I \rangle \geq \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (4)$$

6. Измерительные приборы

№	Прибор	Используемый диапазон	Погрешность
1	Амперметр	$[0, 0.4] \text{ A}$	0.001 A
2	Транспортир	$[0, 160] \text{ deg}$	0.5 deg
3	Амперметр	$[0, 300] \text{ mA}$	0.1 mA

7. Схема установки



Рисунок 1. Параметры установки $R = 0.15 \text{ м}$ - радиус катушек;

$n = 100$ - число витков в каждой из катушек

8. Результаты прямых измерений и их обработки

$\varphi = 160^\circ$	Ток в катушках, мА				γ	
α	I_1	I_2	I_3	$\langle I \rangle$	$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\varphi - \alpha)}$	$B_c, \text{ мкТл}$
10°	14.5 мА	13.9 мА	14.6 мА	14.3 мА	0.34729 рад	8.592 мкТл
20°	21 мА	21.1 мА	22.5 мА	21.5 мА	0.53208 рад	12.908 мкТл
30°	27 мА	25.1 мА	27.1 мА	26.4 мА	0.6527 рад	15.825 мкТл
40°	30.5 мА	30.5 мА	30.5 мА	30.5 мА	0.74222 рад	18.283 мкТл
50°	32.8 мА	33.1 мА	31.8 мА	32.6 мА	0.8152 рад	19.522 мкТл
60°	35.3 мА	35.5 мА	34.1 мА	35 мА	0.87938 рад	20.96 мкТл
70°	36.7 мА	38.2 мА	37.2 мА	37.4 мА	0.93969 рад	22.399 мкТл
80°	39.3 мА	40 мА	39.5 мА	39.6 мА	1 рад	23.738 мкТл
90°	41.9 мА	42.6 мА	41.6 мА	42 мА	1.06417 рад	25.196 мкТл
100°	45.1 мА	45.3 мА	44.4 мА	45 мА	1.13715 рад	26.935 мкТл
110°	47.6 мА	48.8 мА	47.6 мА	48 мА	1.22668 рад	28.773 мкТл

120°	50.9 мА	53.2 мА	52.4 мА	52.2 мА	1.34729 рад	31.27 мкТл
------	---------	---------	---------	---------	-------------	------------

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

Примеры расчетов:

$$\gamma_1 = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\varphi - \alpha)} = \frac{\sin 10^\circ}{\sin(160^\circ - 10^\circ)} = 0.35 \text{ рад; аргумент } \sin \text{ в градусах}$$

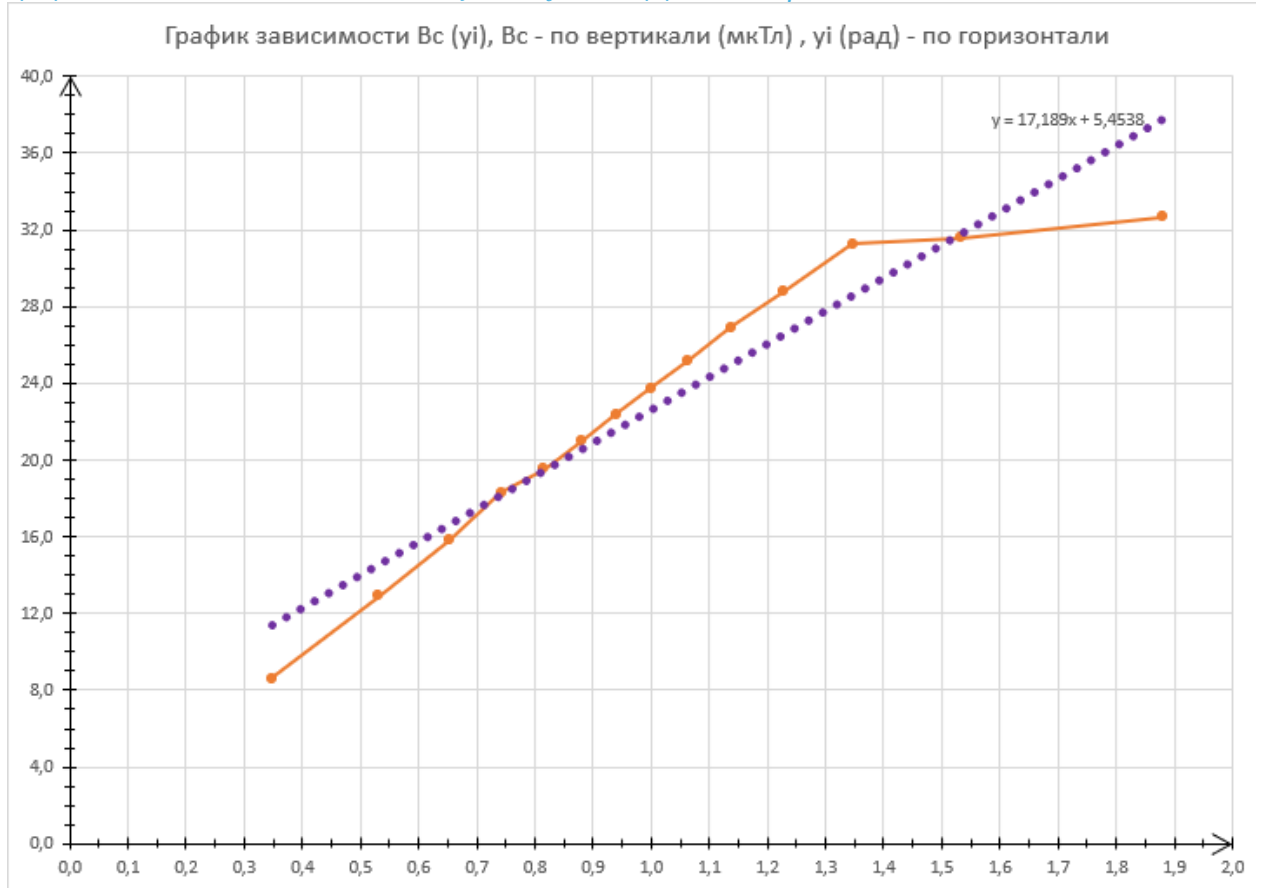
$$B_h = b = \frac{B_c}{\gamma} = \frac{\sum B_{ci} \gamma_i}{\sum \gamma_i^2} = 24.78 \text{ мкТл} \quad a = 0$$

Нашли значения магнитной индукции катушек Гельмгольца по формуле (1) и средних значений токов, а потом по МНК узнаем значение коэффициента B_h в линейно зависимости $B_c = B_c(\gamma)$.

$$D = \sum (\gamma_i - \bar{\gamma})^2 = 2.13507.$$

10. Графики

График 1: Зависимость магнитной индукции B_c от коэффициента γ



11. Окончательные результаты

$$B_h = (24.78 \pm 0.289) \text{ мкТл} \quad \varepsilon = 2,1524\%$$

12. Выводы и анализ результатов

В результате проделанной лабораторной работы были получены

следующие теоретические сведения: для оценки значения горизонтальной составляющей магнитной индукции геомагнитного поля необходимо создать магнитное поле катушек Гельмгольца и регистрировать суперпозицию таких векторов магнитной индукции. В зависимости от угла поворота магнитной стрелки под действием поля колец можно по теореме синусов узнать зависимость значений магнитной индукции колец (формула для которых известна из теории и в нашем случае зависит от силы тока) от коэффициента $\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\varphi - \alpha)}$.

Значение получили меньше, чем истинное (14.92 мкТл в Санкт-Петербурге), но это можно объяснить неточностью в измерениях и неидеальностью установки.