

Группа Р3214

К работе допущен

Студент Силинцев Владислав

Работа выполнена

Преподаватель Хвастунов Н.Н.

Отчет принят

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №03.13

Магнитное поле Земли

1. Цель работы.

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

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- Измерить значения силы тока, при которых магнитная стрелка компаса отклоняется на заданное количество градусов.
- Измерить значение горизонтальной составляющей вектора магнитной индукции Земли.
- Сравнить полученное значение с табличным.

3. Объект исследования.

Магнитное поле Земли.

4. Метод экспериментального исследования.

Исследование магнитного поля Земли с использованием компаса и катушек Гельмгольца.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

- $\langle I \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}$ – среднее значение силы тока.
- $B = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{In}{R}$ – величина магнитного поля катушек Гельмгольца.
- $R = 0,15 \text{ м}$ – радиус катушек.
- $n = 100$ – число витков в каждой из катушек.
- $\gamma_i = \frac{\sin(\alpha_i)}{\sin(\varphi - \alpha_i)}$ – значение коэффициента γ_i .
- $\varphi = 160^\circ$ – угол между вектором магнитного поля катушек и направлением магнитной стрелки компаса.
- $B_c = B_n \cdot \gamma$ – магнитная индукция катушек Гельмгольца через магнитную индукцию Земли.
- $b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$ – расчет углового коэффициента методом наименьших квадратов, если прямая проходит через начало координат.
- $S_b^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-1}$ – расчет СКО углового коэффициента методом наименьших квадратов, если прямая проходит через начало координат.
- $d_i = y_i - b x_i$ – значение параметра d_i , если прямая проходит через начало координат.
- $b \pm t_{\alpha, n-1} \cdot S_b$ – доверительный интервал для углового коэффициента, где $t_{\alpha, n-1} = 2,2$, при $\alpha = 0,95$ и $n = 14$.

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Амперметр	Цифровой	0-1 А	1 мА
2	Компас	Магнитный	0-360°	1°

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

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

$\varphi = 160^\circ$	Ток в катушках, мА					
α_i	I_1	I_2	I_2	$\langle I \rangle$	$\frac{\sin(\alpha_i)}{\sin(\varphi - \alpha_i)}$	$B_c, \text{мкТл}$
10°	15	14	15	14,67	0,3473	8,7919
20°	21	24	23	22,67	0,5321	13,5876
30°	22	23	22	22,33	0,6527	13,3877
40°	24	25	24	24,33	0,7422	14,5866
50°	28	29	28	28,33	0,8152	16,9844
60°	30	33	32	31,67	0,8794	18,9826
70°	36	35	35	35,33	0,9397	21,1806
80°	37	37	37	37	1	22,1797
90°	39	37	38	38	1,0642	22,7791
100°	42	42	41	41,67	1,1372	24,9771
110°	44	45	45	44,67	1,2267	26,7755
120°	48	47	47	47,33	1,3473	28,3740
130°	56	55	55	55,33	1,5321	33,1696
140°	66	66	66	66	1,8794	39,5638

Пример вычислений: $\langle I \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} = \frac{15+14+15}{3} \approx 14,67 \text{ мА}.$

Пример вычислений: $B_c = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{I n}{R} = 4 \pi \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{14,67 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{0,15} \approx 8,7919 \text{ мкТл}.$

Пример вычислений: $\gamma_1 = \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\varphi - \alpha_1)} = \frac{\sin(10)}{\sin(160 - 10)} \approx 0,3473.$

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

Найдем магнитную индукцию Земли методом наименьших квадратов, учитывая

зависимость $B_c = B_h \cdot \gamma$: $B_h = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i B_{c_i}}{\sum_{i=1}^n \gamma_i^2} \approx 21,5209 \text{ мкТл}$.

10. Расчет погрешностей измерений (*для прямых и косвенных измерений*).

Вычислим СКО: $S_{B_h}^2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \gamma_i^2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-1}$, где $d_i = B_{c_i} - B_h \cdot \gamma_i$. Тогда $S_{B_h}^2 \approx 0,0563 \text{ мкТл}^2$. Вычислим

$$t_{\alpha, n-1} \cdot S_{B_h} = 2,2 \cdot \sqrt{0,0563} \approx 0,522 \text{ мкТл}.$$

11. Графики (*перечень графиков, которые составляют Приложение 2*).

График 1: Зависимость $B_c = B_c(\gamma_i)$.

12. Окончательные результаты.

$$B_h = 21,5 \pm 0,5 \text{ мкТл}.$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе этой работы я исследовал магнитное поле Земли. Полученное значение горизонтальной составляющей магнитной индукции Земли $B_h = 21,5 \pm 0,5 \text{ мкТл}$. Значение, полученное с помощью IGRF-14 в Санкт-Петербурге примерно равно $14,8 \text{ мкТл}$, что хоть и близко к полученному значению, но имеет большую погрешность и не принадлежит доверительному интервалу.

Ссылка на источник: http://serv.izmiran.ru/cgi-bin/igrf14_formgm.py.

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

16. Замечания преподавателя (*исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт*).

Примечание:

1. Пункты 1-6, 8-13 Протокола-отчета **обязательны** для заполнения.
2. Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.
3. При ручном построении графиков рекомендуется использовать миллиметровую бумагу.
4. Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.

Приложение 2

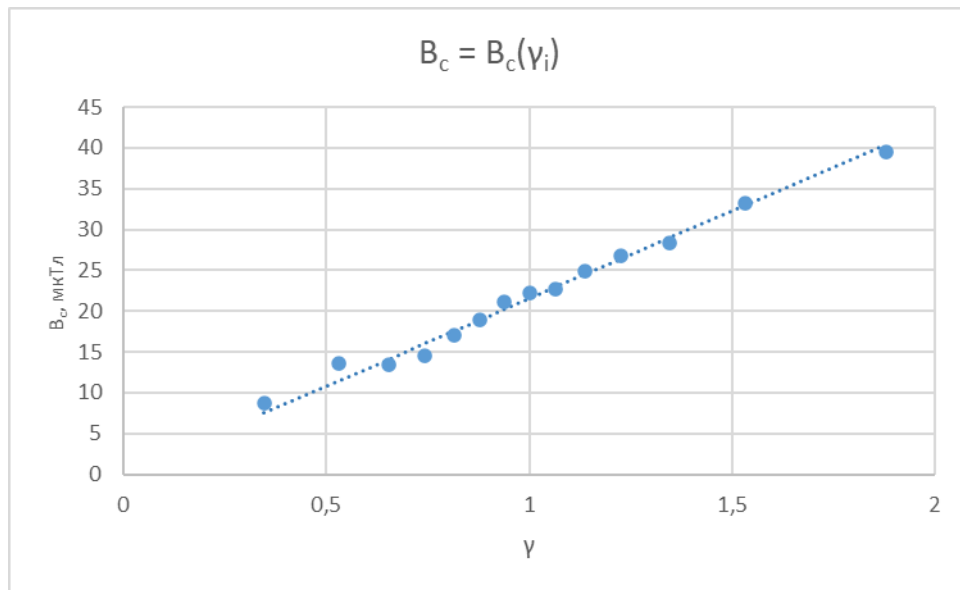


График 1: Зависимость $B_c = B_c(\gamma_i)$.