

**федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»**

Кафедра физики

Лабораторная работа 3.3

**Определение горизонтальной составляющей
индукции магнитного поля Земли**

Установка 2 (вариант 2)

**Выполнил: обучающийся
гр. 3205
Иванов И.И.**

**Проверил: ст. преп.
кафедры физики
Зубарев А.П.**

Самара 2020

Лабораторная работа 3.3

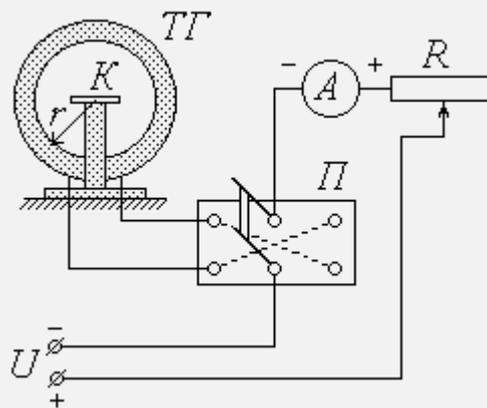
Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли

Цель работы

1) практическое изучение магнитного поля кругового тока и принципа суперпозиции полей;

2) экспериментальное определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

Схема экспериментальной установки



ТГ – тангенс-гальванометр;
К – компас;
П – переключатель;
А – миллиамперметр;
R – реостат;
U – источник постоянного
напряжения

Порядок измерений и обработки результатов

Знакомимся с лабораторной установкой. Записываем в тетрадь значения радиуса катушки r (в метрах) и числа витков N .

$$r = 0.25 \text{ м}$$

$$N = 85$$

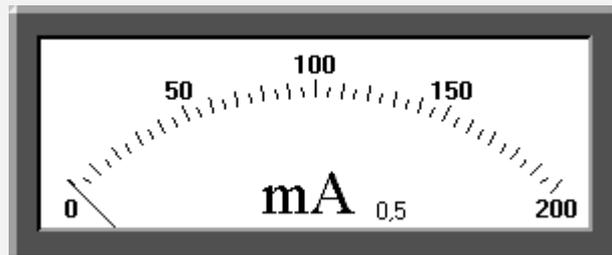
По формулам

$$B_0 = C \cdot \frac{I}{\text{tg } \varphi}, \quad C = \frac{\mu_0 N}{2r}$$

рассчитываем константу C :

$$C = \frac{\mu_0 N}{2r} = \frac{4 \cdot 3.14 \cdot 10^{-7} \cdot 85}{2 \cdot 0.25} = \frac{1067.6 \cdot 10^{-7}}{0.5} = 2.14 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Гн}}{\text{м}^2}$$

Определяем класс точности K_A , предел измерения I_{max} и цену деления миллиамперметра.



$$K_A = 0.5$$

$$I_{max} = 200 \text{ mA} = 0.2 \text{ A}$$

$$\text{Цена деления} = 5 \text{ mA} = 0.005 \text{ A}$$

Рассчитываем абсолютную приборную погрешность измерения силы тока δI :

$$\delta I = \frac{K_A \cdot I_{max}}{100} = \frac{0.5 \cdot 0.2}{100} = 0.001 \text{ A}$$

Определяем цену деления компаса:

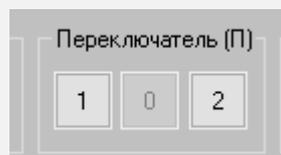
$$\text{Цена деления} = 3 \text{ градуса} = \frac{3}{360} 2\pi = \frac{3}{360} \cdot 6.28 = 0.052 \text{ рад}$$

Оцениваем абсолютную приборную погрешность $\delta \varphi$:

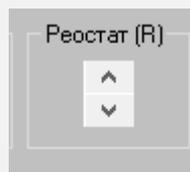
$$\delta \varphi = \frac{\text{Цена деления}}{2} = 0.026 \text{ рад}$$

Освобождаем стрелку компаса. Поворачиваем плоскость катушки так, чтобы стрелка компаса установилась на нулевом делении.

Знакомимся с электрической схемой установки. Устанавливаем переключатель в среднее положение (положение 0). Реостат находится в нижнем положении.



Замыкаем контакт переключателя в положение 2. Перемещая движок реостата стрелками-кнопками



и наблюдая за показаниями компаса, установите рекомендуемое значение угла поворота стрелки φ_1 .

Рекомендуемые значения φ_1 указаны в окне лабораторной работы:

По показаниям миллиамперметра определите соответствующее значение силы тока I . Не меняя величины тока, измените его направление, перекинув контакт переключателя в положение 1. Определите угол отклонения φ_2 . Значения I (в амперах), φ_1 и φ_2 (в градусах) занесите в соответствующие столбцы таблицы.

Номер опыта, i	I, A	$\varphi_1,$ град.	$\varphi_2,$ град.	$\varphi,$ град.	$\text{tg}\varphi$	$B_{0i},$ мкТл	$\Delta B_{0i},$ мкТл	$(\Delta B_{0i})^2,$ (мкТл) ²
1	0.050	30	328	31	0.60	17.8	0.7	0.49
2	0.065	36	318	39	0.81	17.2	0.1	0.01
3	0.082	42	312	45	1.00	17.6	0.5	0.25
4	0.103	48	304	52	1.28	17.2	0.1	0.01
5	0.135	54	294	60	1.73	16.7	-0.4	0.16
6	0.170	60	298	66	2.24	16.2	-0.9	0.81
						$\bar{B}_0 = 17.1$		$\sum_{i=1}^6 (\Delta B_{0i})^2 = 1.73$

Увеличивая значение угла φ_1 на заданную величину, повторяем измерения минимум 6 раз.

Используя выражение (7), для каждого опыта находим среднее значение угла поворота φ

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + (360 - \varphi_2)}{2}$$

С помощью микрокалькулятора или таблиц определяем $\text{tg}\varphi$. Результаты запишите в таблицу.

По формуле $B_0 = C \cdot \frac{I}{\text{tg}\varphi}$ вычисляем для каждого из опытов величину горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли B_0 и заносим ее в таблицу, выразив в мкТл.

Определяем среднее значение \bar{B}_0 .

Выполняем все расчеты, необходимые для оценки случайной погрешности измерения $\Delta_s B_0$. Находим величину $\Delta_s B_0$, задаваясь доверительной вероятностью $\alpha = 0.95$:

$$\sigma_{B_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\Delta B_{0i})^2}{n \cdot (n-1)}} = 0.24 \text{ мкТл}$$

$$t_{n,\alpha} = 2.57,$$

$$\Delta_s B_0 = t_{n,\alpha} \cdot \sigma_{B_0} = 2.57 \cdot 0.24 = 0.62 \text{ мкТл}$$

Оцениваем абсолютную приборную погрешность косвенного измерения δB_0 по формуле

$$\delta B_0 = \bar{B}_0 \sqrt{\left(\frac{\delta I}{I_{\min}}\right)^2 + \left(\frac{2\delta\varphi}{\sin(2\varphi_{\min})}\right)^2 + \left(\frac{\delta r}{r}\right)^2}$$

$$I_{\min} = 0.050 \text{ А, (из таблицы) } \delta I = 0.001 \text{ А (вычислено ранее)}$$

$$\delta\varphi = 0.026 \text{ рад, (вычислено ранее), } \varphi_{\min} = 30^\circ = 0.52 \text{ рад (из таблицы)}$$

$$r = 0.25 \text{ м, } \delta r = \frac{0.01}{2} = 0.005 \text{ м}$$

$$\delta B_0 = 17.1 \sqrt{\left(\frac{0.001}{0.05}\right)^2 + \left(\frac{0.052}{\sin(1.04)}\right)^2 + \left(\frac{0.005}{0.25}\right)^2} =$$

$$\delta B_0 = 17.1 \sqrt{0.0004 + 0.0036 + 0.0004} = 1.1 \text{ мкТл}$$

Оцениваем полные абсолютную ΔB_0 и относительную E_{B_0} погрешности. Записываем окончательный результат измерения.

$$\Delta B_0 = \sqrt{(\Delta_s B_0)^2 + (\delta B_0)^2} = \sqrt{0.62^2 + 1.1^2} \approx 1.3 \text{ мкТл}$$

$$\boxed{B_0 = \bar{B}_0 \pm \Delta B_0 = 17.1 \pm 1.3 \text{ мкТл}}$$