

УДК 537.6+53.07:378

Вимірювання горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі у фізичному практикумі із курсу загальної фізики

Біленька О. Б., к.ф.-м.н., ст. викл. каф. ЗФ

Романюк Г. В., к.х.н., доц. каф. ЗХ

Романюк М. М., к.ф.-м.н., доц. каф. ЗФ

Харамбура С. Б., к.ф.-м.н., доц. каф. ЗФ

Національний університет «Львівська політехніка»
(вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна)

Традиційно вимірювання горизонтальної та вертикальної складових вектора індукції магнітного поля Землі у лабораторному практикумі з фізики часто проводиться на основі явища електромагнітної індукції [1]. При цьому котушку діаметром d близько 30 см (вибирається, зокрема, із умови зручності у роботі), що містить наперед відому кількість витків N , підключену до балістичного гальванометра, чи до спеціалізованого мілівеберметра, встановлюють так, щоби площина витків була розташована перпендикулярно до напрямку відповідної складової вектора індукції $B_{\text{Землі}}$ магнітного поля Землі, після чого швидко повертають навколо діаметра витків котушки на 180° . Завдяки явищу електромагнітної індукції, у колі протікає електричний струм, переносючи заряд

$$\Delta q = \frac{\Delta \Phi}{R} = \frac{2(\pi d^4/4)B_{\text{Землі}}N}{R_{\text{кола}}}, \quad (1)$$

де

$$R_{\text{кола}} = R_{\text{котушки}} + R_{\text{проводів}} + R_{\text{приладу}}. \quad (2)$$

Вимірявши заряд, та розв'язавши (1) відносно проекції вектора індукції магнітного поля на напрям осі котушки, отримуємо шукане значення $B_{\text{Землі}}$.

Метод фізично бездоганний, проте, вимагає наявності високочутливого балістичного гальванометра, які зараз вже є музейною рідкістю, та вимагає коректного, акуратного поводження зі сторони студентів, без поштовхів, смикання проводів, чистих та надійних контактів. На кінець, досить непросто прочитати максимальне значення відхилення стрілки такого приладу, бо світловий «зайчик» із зображенням рисочки – стрілки на шкалі приладу є досить широким (близько 15 мм), і рухається до положення максимального відхилення та назад на протязі часу, меншого ніж 2 секунди.

Нами запропоновано інший метод вимірювання індукції горизонтальної складової магнітного поля Землі шляхом порівняння її значення зі значенням індукції магнітного поля допоміжної еталонної циліндричної котушки (соленоїда). Для порівняння поля, створеного всередині соленоїда $B_{\text{соленоїда}}$, яке є однорідним, може легко регулюватись шляхом зміни сили струму в котушці, та легко обчислюється за силою струму I , числом витків N та довжиною намотки котушки l

$$B_{\text{соленоїда}} = \frac{\mu_0 N I}{l}, \quad (3)$$

використовуємо магнітну стрілку, наприклад, у складі готового автомобільного компаса із рідинною підвіскою, який встановлюємо всередині котушки.

Для практичного виконання роботи пропонуємо за показами компаса встановити вісь котушки вздовж напрямку захід – схід, щоби вектор індукції створеного котушкою магнітного

поля був перпендикулярним до горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі. Далі вмикаємо постійний струм через котушку, і, змінюючи його силу, записуємо значення кутів, на які при цьому повернулася стрілка компаса відносно початкового положення до ввімкнення струму. Оскільки стрілка буде орієнтуватися вздовж силової лінії, то кут повороту стрілки повинен задовольняти умову (див. Рис. 1):

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{B_{\text{соленоїда}}}{B_{\text{Землі}}}, \quad (4)$$

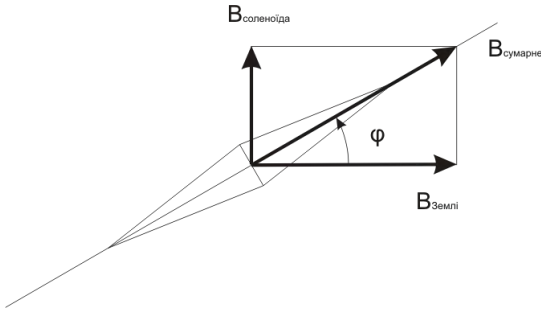


Рис. 1 Зв'язок кута φ повороту стрілки компаса з векторами ($B_{\text{соленоїда}}$ та $B_{\text{Землі}}$) індукції магнітного поля

звідки

$$B_{\text{Землі}} = \frac{B_{\text{соленоїда}}}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot \frac{\mu_0 N I}{l} = \frac{\mu_0 N I}{l} \cdot \operatorname{ctg} \varphi. \quad (5)$$

Пропонуємо провести вимірювання підбираючи сили струмів так, щоби кут повороту стрілки компаса φ змінювався, наприклад, із кроком 10° (від 10° до 70°), та обчислюючи кожен раз значення горизонтальної складової індукції магнітного поля Землі. Отримані дані потім усереднюються. Можна також побудувати графік залежності знайденого значення $B_{\text{Землі}}(\varphi)$: якщо експеримент проведено добре, на графіку ми повинні отримати пряму лінію. Можна також побудувати також отриману експериментально, та розраховану теоретично залежності $\varphi(I)$, та порівняти отримані результати.

Результати експерименту можна занести, наприклад, у наступну таблицю:

$\varphi, ^\circ$	10	20	30	40	50	60	70	Середнє
$I, \text{мА}$								
$B_{\text{Землі}}$								
$\varphi_{\text{теор}}(I)$								

Дана версія лабораторної роботи дозволяє обійтися без дефіцитних дзеркальних гальванометрів, не вимагає миттєвої реакції студента та рух стрілки компаса (нас цікавить стаціонарне значення кута відхилення стрілки), та дозволяє пригадати собі питання про силові лінії магнітного поля та принцип суперпозиції для індукції магнітного поля.

1. Лабораторний практикум з фізики. Частина 2. Електрика і магнетизм / за ред. І.Є.Лопатинського. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 204 с.
2. Загальна фізика: Лабораторний практикум.: Навчальний посібник / В.М.Барановський, П.В.Бережний, І.Т.Горбачук В.П.Душенко, М.І.Шут.; За заг. ред. І.Т.Горбачука. – К.: Вища школа, 1992. – 509 с.: іл.