

Лабораторная работа 3.2

**Определение горизонтальной составляющей
вектора индукции магнитного поля Земли**

Лабораторная работа 3.3.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
ВЕКТОРА ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Цель работы: изучение методики измерения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра.

Рекомендуемая литература: [1 - §109, 110, 111];
[2 - §21.1, 21.2, 22.1, 22.2];
[3 - §29-30]

Теоретические сведения

Магнитное поле Земли соответствует в первом приближении полю однородно намагниченной сферы с координатами полюсов: северного (в Южном полушарии): 78 юж. широты, 111 вост. долготы; южного (в Северном полушарии): 78 сев. широты, 69 зап. долготы.

Ось, соединяющая магнитные полюса, наклонена относительно географической оси на 11° и смещена от центра Земли на 1140 км в сторону Тихого океана. Полюсы и ось со временем меняют свое положение.

Предполагается, что главным источником магнитного поля Земли являются вихревые токи в ее жидком ядре.

Вектор индукции магнитного поля Земли B в общем случае направлен под углом к горизонтальной плоскости, поэтому его можно разложить на горизонтальную (тангенциальную) B и вертикальную (нормальную) составляющие.

На поверхности планеты модуль полного вектора магнитной индукции поля Земли имеет значение от +62 до -73 мкТл, а его горизонтальная составляющая от 0 до 41 мкТл.

Магнитная стрелка (например, компаса), вращающаяся вокруг вертикальной оси, будет отклоняться под действием горизонтальной составляющей поля. Это свойство магнитной стрелки используется в тангенс-гальванометре для определения B .

Описание лабораторной установки и

методики эксперимента

Тангенс-гальванометр представляет собой плоскую вертикальную катушку радиуса R с некоторым числом витков N , в центре которой в горизонтальной плоскости помещена магнитная стрелка NS (см. рис. 2.1), которая при отсутствии тока в катушке располагается параллельно магнитному меридиану Земли.

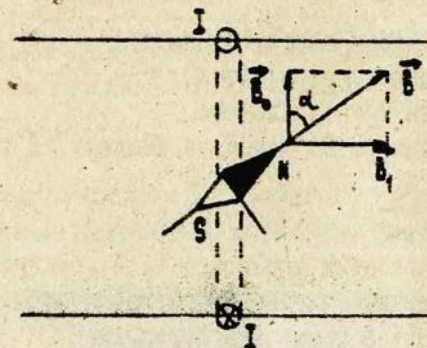


рис. 2.1

Поворотом катушки вокруг вертикальной оси можно добиться совмещения плоскости катушки с плоскостью магнитного меридиана.

После такой установки по катушке пропускают ток I , возникает магнитное поле катушки B_1 , в результате будут действовать два поля: горизонтальная составляющая магнитного поля Земли B_0 и поле катушки B_1 (см. рис. 2.1). Под действием этих полей магнитная стрелка займет положение параллельно результирующему полю $B = B_0 + B_1$, т.е. повернется на некоторый угол α . Из рис. 2.1 следует, что

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_1}{B_0}, \quad \text{следовательно, } B_0 = \frac{B_1}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (2.1)$$

Индукция поля B_1 в центре катушки круглой формы равна

$$B_1 = \mu_0 \frac{N \cdot I}{2 \cdot R}. \quad (2.2)$$

где I - сила тока, протекающего по виткам катушки;

R - радиус витка;

N - число витков.

Индукция поля в центре катушки в форме правильного многоугольника равна

$$B_1 = \frac{\mu_0 N \cdot n \cdot I \cos(\pi/2)}{\pi \cdot a \operatorname{tg}(\pi/2)}. \quad (2.3)$$

где n - количество сторон многоугольника;
 γ - величина угла многоугольника;
 a - длина стороны многоугольника.

Подставляя выражение (2.2) для B , в формулу (2.1), получим

$$B_0 = \frac{\mu_0 N I}{2 R \operatorname{tg} \alpha} \quad (2.4)$$

Соответственно, подставив выражение (2.3) в формулу (2.1), получим выражение для вычисления индукции магнитного поля Земли с использованием катушки в форме многоугольника

$$B_0 = \frac{\mu_0 N \cdot n \cdot I \cos(\gamma/2)}{\pi \cdot a \operatorname{tg}(\gamma/2) \operatorname{tg} \alpha} \quad (2.5)$$

Схема лабораторной установки показана на рис.2.2, где

\mathcal{E} - источник ЭДС;
 L - тангенс-гальванометр;
 R - реостат;
 mA - миллиамперметр;
 K - тумблер;
 S - переключатель.

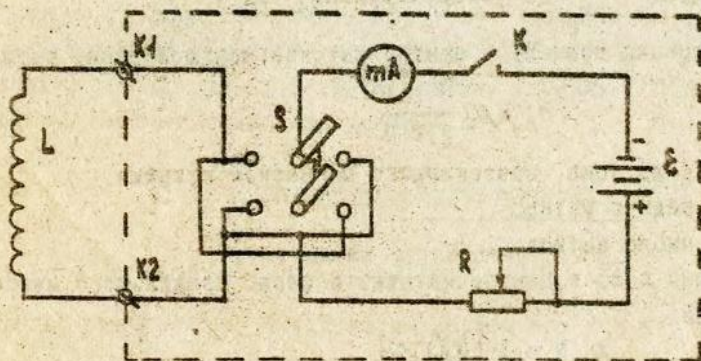


рис.2.2.

Порядок выполнения работы

1. По указанию преподавателя присоединить проводниками одну из катушек тангенс-гальванометра к клеммам $K1$ и $K2$ измерительной схемы (см. рис.2.2).

2. В положении тумблера K "Выключено" установить плоскость рамки параллельно магнитному меридиану Земли.

3. Включить тумблером K питание измерительной схемы.

4. Изменяя сопротивление реостата R , установить произвольное значение тока по миллиамперметру и, дождавшись успокоения магнитной стрелки, измерить угол ее отклонения α' от положения равновесия.

5. Не изменяя величины тока, изменить его направление переключателем S и после успокоения магнитной стрелки измерить угол ее отклонения α'' . Занести в таблицу значения тока и углов отклонения α' и α'' .

6. Повторить опыт согласно пп. 4 и 5 при различных токах несколько раз (5-10).

Номер опыта	$I(A)$	α		α_{cp}	B_0
		α'	α''		

Обработка результатов измерений

Для каждого опыта рассчитать среднее арифметическое значение угла отклонения магнитной стрелки.

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\alpha' + \alpha''}{2}$$

и величину B .

Систематическая погрешность определения B с учетом основных погрешностей вычисляется для одного измерения по формуле

$$\Delta B_{\text{с}} = B_0 \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta\alpha}{\sin 2\alpha}\right)^2}$$

где $\Delta I = \frac{[\text{Пред. изм.}] \cdot [\text{Кл. точн.}]}{100} t_{p, \infty}$ - систематическая погрешность при измерении силы тока,

$\Delta R = \frac{[\text{Цена дел.}]}{2} t_{p, \infty}$ - систематическая погрешность измерения радиуса катушки,

$\Delta\alpha = \frac{[\text{Цена дел.}]}{2} t_{p, \infty}$ - систематическая погрешность измерения угла отклонения магнитной стрелки в радианах, $t_{p, \infty}$ - коэффициент Стьюдента, при $P=0,95$, $t_{p, \infty} = 0,68$.

Случайная погрешность измерения рассчитывается по результатам вычисления B :

$$\Delta B = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2} \cdot t_{p, n}$$

где n - количество проведенных опытов, \bar{B} - среднее значение индукции магнитного поля Земли - $\bar{B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i$

$t_{p, n} = 2,3$ при $n=10$ и $P=0,95$.

Полная погрешность измерения:

$$\Delta B = \sqrt{\Delta B_{\text{с}}^2 + \Delta B^2}$$

Результат измерения привести в виде:

$B = \bar{B} \pm \Delta B$, при $P = \dots$

Контрольные вопросы

1. Дать определения индукции магнитного поля. Единицы ее измерения.
2. Сформулировать и записать закон Био-Савара-Лапласа.
3. Применить закон Био-Савара-Лапласа для расчета поля в центре и на оси кругового витка с током.
4. Рассчитать поле в центре витка с током прямоугольной и треугольной формы.
5. Охарактеризовать метод измерения индукции магнитного поля Земли, реализованный в данной работе.