

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 26 МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Выполнил студент гр. _____

Ф.И.О. _____

Подпись преподавателя _____
(обязательна после окончания эксперимента)

дата _____

Цель работы: измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли методом тангенс-гальванометра.

Порядок выполнения работы

1. Не включая источник тока, установите тангенс-гальванометр в плоскости магнитного меридиана. При этом стрелка компаса должна быть направлена по диаметру тангенс-гальванометра (вдоль плоскости витков, рис. а). Обратите внимание на то, чтобы северный конец стрелки указывал на нулевое значение компаса.

2. Поверните регулятор потенциометра (или реостата) до упора против часовой стрелки, а затем включите источник тока.

3. Поворачивая регулятор потенциометра, определите интервал изменения тока I , текущего по виткам тангенс-гальванометра, при котором стрелка компаса будет отклоняться от плоскости магнитного меридиана на угол α в пределах $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ (рис. б). Разбейте этот интервал на равные промежутки I_i , $i = 1, 2, 3, 4, 5$. Установите потенциометром первое значение тока I_1 . Необходимо некоторое время, чтобы стрелка компаса успокоилась и перестала колебаться. Запишите в таблицу величину тока I и углы отклонения от первоначального положения северного α_1 и южного α_2 полюсов стрелки в таблицу. **Внимание:** угол отклонения и северного, и южного конца стрелки от начального показания компаса и не может превысить 90° .

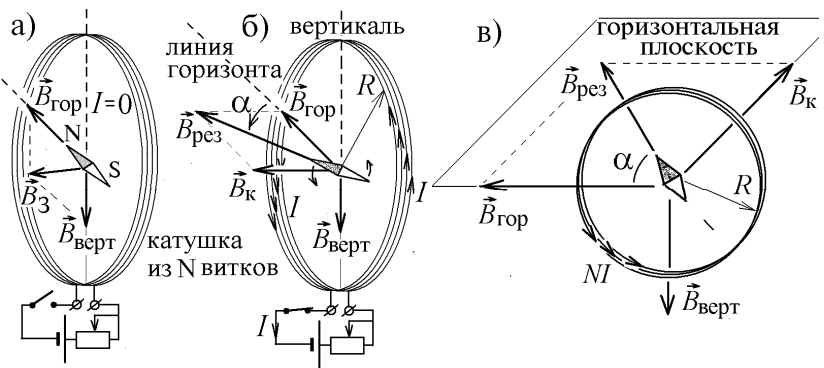
4. Измените направление тока в гальванометре с помощью тумблера на установке. Стрелка компаса отклонится от первоначального положения в другую сторону (рис. в). Измерьте и занесите в таблицу углы отклонения от первоначального положения северного α_3 и южного α_4 полюсов стрелки. При измерениях следите, чтобы величина тока I не изменялась, при необходимости корректируя её величину ручкой потенциометра. Дублирование измерений делается для того, чтобы исключить систематическую погрешность, связанную с неточной установкой катушки в плоскости магнитного меридиана, а также с определением самой этой плоскости.

5. Повторите измерения пунктов 3-4 для следующих выбранных значений тока I_i . Результаты всех измерений занесите в следующую таблицу. Измерения проделать для пяти значений тока.

| № п/п | I , мА | $\alpha_1, ^\circ$ | $\alpha_2, ^\circ$ | $\alpha_3, ^\circ$ | $\alpha_4, ^\circ$ | $\langle \alpha \rangle, ^\circ$ | $\text{tg} \langle \alpha \rangle$ | $B_{\text{гор}}, \text{мкТл}$ | $\Delta B_{\text{гор}}, \text{мкТл}$ | $E, \%$ |
|--------------|----------|--------------------|--------------------|---|--------------------|--|------------------------------------|---|--------------------------------------|---------|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| $N =$ витков | | $R =$ м | | $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ | | $\langle B_{\text{гор}} \rangle =$ мкТл; | | $(\Delta B_{\text{гор}})_{\text{max}} =$ мкТл | | |

6. Определите среднее значение угла $\langle \alpha \rangle$ для каждого значения тока I по формуле

$$\langle \alpha \rangle = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) / 4.$$



7. По формуле $B_{\text{гор}} = \frac{\mu_0 IN}{2R \operatorname{tg} \langle \alpha \rangle}$ вычислите величину горизонтальной составляющей индук-

ции магнитного поля Земли для каждого значения тока. Величины радиуса R и числа N витков тангенс-гальванометра указаны на установке.

8. По вычисленным значениям $B_{\text{гор}}$ найдите среднее значение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли $\langle B_{\text{гор}} \rangle$, а также определите относительную E и абсолютную $\Delta B_{\text{гор}}$

погрешности по формулам
$$E = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{2\Delta \alpha}{\sin 2\alpha}, \quad \Delta B_{\text{гор}} = B_{\text{гор}} \cdot E,$$

в которых ΔI , ΔR и $\Delta \alpha$ определяются как половина деления прибора, с помощью которого были измерены величины I , R и α , причем $\Delta \alpha$ **надо выразить в радианах**. Погрешность заданной величины R определяется как половина единицы последнего разряда. Пример: $R=20,1$ см, $\Delta R = 0,1/2 = 0,05$ см.

9. Результаты всех вычислений занесите в таблицу. Результат измерений запишите в виде

$B_{\text{гор}} = \langle B_{\text{гор}} \rangle \pm (\Delta B_{\text{гор}})_{\text{max}}$ мкТл, где $(\Delta B_{\text{гор}})_{\text{max}}$ - наибольшее значение абсолютной погрешности.

$B_{\text{гор}} = \quad \pm \quad$ мкТл.

Сравните полученное значение $B_{\text{гор}}$ с истинным, которое в районе Тулы равно $B_{\text{гор}} \approx 25$ мкТл.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 26

1. Что является источником постоянного магнитного поля? Чем постоянное магнитное поле отличается от электростатического поля и почему оно называется вихревым?
2. Дайте определение вектора индукции магнитного поля.
3. Сформулируйте закон Био-Савара. Получите с его помощью формулу для индукции магнитного поля в центре и на оси тангенс-гальванометра с током I , N витков которого имеют радиус R .
4. Нарисуйте линии индукции магнитного поля, созданного током, текущим по тангенс-гальванометру. Будут ли они замкнутыми и почему?
5. С какой силой или моментом силы магнитное поле Земли действует на прямолинейный проводник с током? на круговой виток с током? на стрелку магнитного компаса?
6. Покажите на экспериментальной установке направление вертикальной и горизонтальной составляющих вектора индукции магнитного поля Земли, а также направление вектора индукции магнитного поля, созданного током, текущим по виткам тангенс-гальванометра. В какую сторону будет поворачиваться стрелка компаса при увеличении или уменьшении тока?
7. Плоскость витков катушки тангенс-гальванометра параллельна вектору \vec{B}_T горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли (рис.А). I – ток в катушке, N – число витков в катушке, r – их радиус. При каком условии стрелка компаса в центре катушки повернута на угол $\alpha = 45^\circ$ относительно плоскости витков?

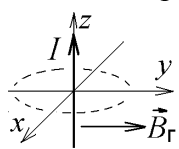


Рис.Б

8. Прямой бесконечный ток I течёт вдоль вертикальной оси z . Горизонтальная составляющая индукции магнитного поля Земли направлена вдоль оси y (рис.Б). Укажите, в какой точке и на каком расстоянии от тока I вектор индукции суммарного магнитного поля тока и магнитного поля Земли будет направлен вертикально.

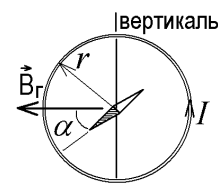


Рис.А

9. Сделайте вывод расчетной формулы (119) для определения величины горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.
10. Какие причины приводят к появлению магнитного поля Земли? Как направлены линии индукции геомагнитного поля в северном и южном полушарии?
11. Почему магнитный компас нельзя использовать вблизи геомагнитных полюсов Земли?
12. Что должно происходить с величиной горизонтальной составляющей магнитного поля Земли в зависимости от географической широты? Почему в разных точках Земли на одной широте и в разное время стрелка компаса может не показывать на геомагнитный полюс?

Изучаемый в работе материал можно найти в следующих учебных пособиях:

1. Савельев И.В. Курс физики в 3-х тт.: Т. 2: Электричество - М.: Наука, 1970.- §§ 39-42, 48.
2. Колмаков, Ю.Н. Кажарская С.Е. Физика. Электромагнетизм: руководство к проведению самостоятельной работы студентов. Изд-во ТулГУ, 2017.стр. 86-90.