

Лабораторная работа 2.13

Измерение горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли.

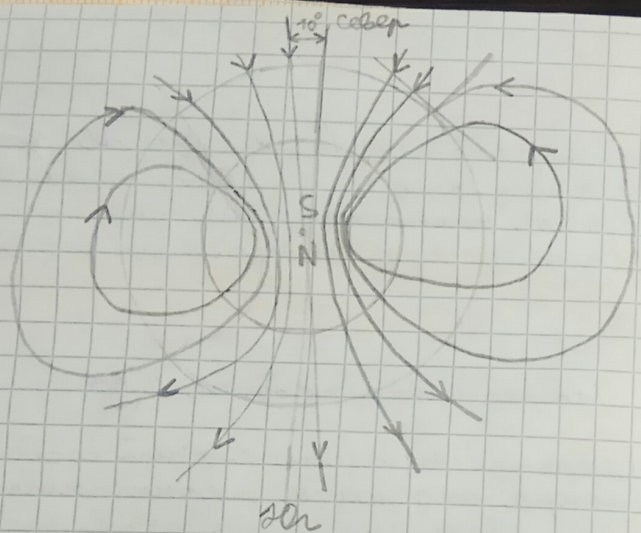
Цель работы: определить значение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра.

Задание: провести серию измерений угла поворота стрелки тангенс-гальванометра в зависимости в зависимости от силы тока через катушку и по этим данным рассчитать искоемую величину.

Теоретическое введение:

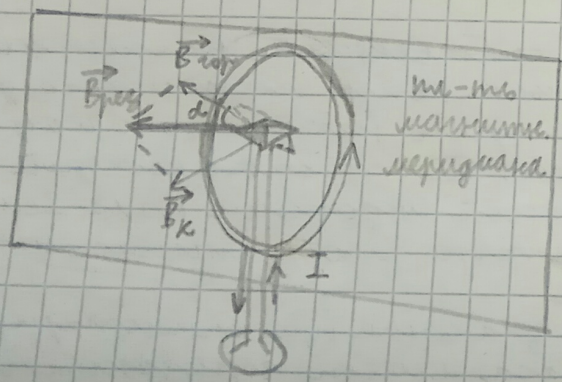
Земля обладает собственным магнитным полем, аналогичным полю магнитного диполя, магнитная ось которого наклонена к географич. оси Земли на 10° . Плоскость, в которой лежит вектор магнитной индукции поля Земли называется m -тью магнитного меридиана.

Практическое значение при ориентировании с помощью компаса имеет горизонтальная составляющая поля B_r , которая максимальна вблизи экватора и убывает при приближении к магнитным полюсам.



Значение B_r может быть измерено с помощью прибора, схематично изображенного на рис. 2. Этот прибор называется талевки - гальванометр. Одной из основных частей этого у-ва является тонкая катушка, ось которой горизонтальна и устанавливается перпендикулярно магнитному меридиану. В центре катушки помещены магнитная стрелка и шкала для измерения угла ее отклонения.

Рис. 2:



Три проводника, через катушку электрического тока в центре ее создается магнитное поле B_k (перпендикулярное вектору B_r (на рисунке $B_{пор}$). Магнитная стрелка ориентируется вдоль суммарного поля $B_{рез} = B_r + B_k$, что дает возможность, измерив угол ее отклонения α , выразить значение B_r через B_k как

$$B_r = \frac{B_k}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (1)$$

Значение индукции B_k в центре катушки является суммой магнитных полей, создаваемых током в центре каждого витка катушки. Для расчета магнитного поля в центре одного витка с током I используем закон Био-Савара - Ланжеса, дающий значение индукции dB , создаваемой отрезком проводника dL в некоторой точке

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I dL \sin \beta}{r^2} \quad (2)$$

Применяя этот закон:

$$B_k = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (3)$$

$$B_k = \frac{\mu_0 I N}{2R}, \text{ где } N - \text{число витков} \quad (4)$$

Подставив в (1) получим:

$$B_r = \frac{\mu_0 N}{2R \operatorname{tg} \alpha} \cdot I \quad (5)$$

Таблица измерений:

N	I, т	d, шаг	d, шаг	d _{ср} , шаг	tg d _{ср}
1	0,02	6	8	7	0,12
2	0,04	14	15	14,5	0,26
3	0,06	18	21	20	0,36
4	0,08	23	24	23,5	0,44
5	0,10	28	30	29	0,55
6	0,12	35	35	34	0,68
7	0,15	39	41	40	0,84
8	0,20	47	49	48	1,11
9	0,22	50	51	50,5	1,21
10	0,25	53	55	54	1,38

2R = 20,5 см N = 17 витков

Обработка результатов измерений:

3) $k = \frac{\Delta \text{tg} d_{\text{ср}}}{\Delta I}$

$k = \frac{0,5}{90 \cdot 10^{-3}} = 5,5 \text{ т}^{-1}$

4) $B_r = \frac{\mu_0 N}{2R} \cdot \frac{I}{k}$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Тл/м}$

$B_r = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 17}{20,5 \cdot 10^{-2} \cdot 5,5} = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$

5) $E = \frac{\Delta B_r}{B_r} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta \text{tg} d_{\text{ср}}}{\text{tg} d_{\text{ср}}}$

$\Delta \text{tg} d_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{tg} d_{\text{ср}i} - k I_i)^2}{n(n-1)}}$

$\Delta \text{tg} d_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{(0,12 - 5,5 \cdot 0,02)^2 + (0,26 - 5,5 \cdot 0,04)^2 + (0,36 - 5,5 \cdot 0,06)^2 + (0,44 - 5,5 \cdot 0,08)^2 + (0,55 - 5,5 \cdot 0,10)^2 + (0,68 - 5,5 \cdot 0,12)^2 + (0,84 - 5,5 \cdot 0,15)^2 + (1,11 - 5,5 \cdot 0,20)^2 + (1,21 - 5,5 \cdot 0,22)^2 + (1,38 - 5,5 \cdot 0,25)^2}{10(10-1)}}$

$= \sqrt{\frac{0,0001 + 0,0016 + 0,0009 + 0 + 0 + 0,0004 + 0,00225 + 0,0007 + 0 + 2,5 \cdot 10^{-5}}{90}}$

$= \sqrt{\frac{0,00335}{90}} = 0,0061$

$E = \frac{0,05}{14,75} + \frac{0,01}{0,10} + \frac{0,0061}{0,55} = 0,115$

$\Delta B_r = B_r \cdot E$

$\Delta B_r = 1,31 \cdot 10^{-5} \cdot 0,115 = 0,15 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$

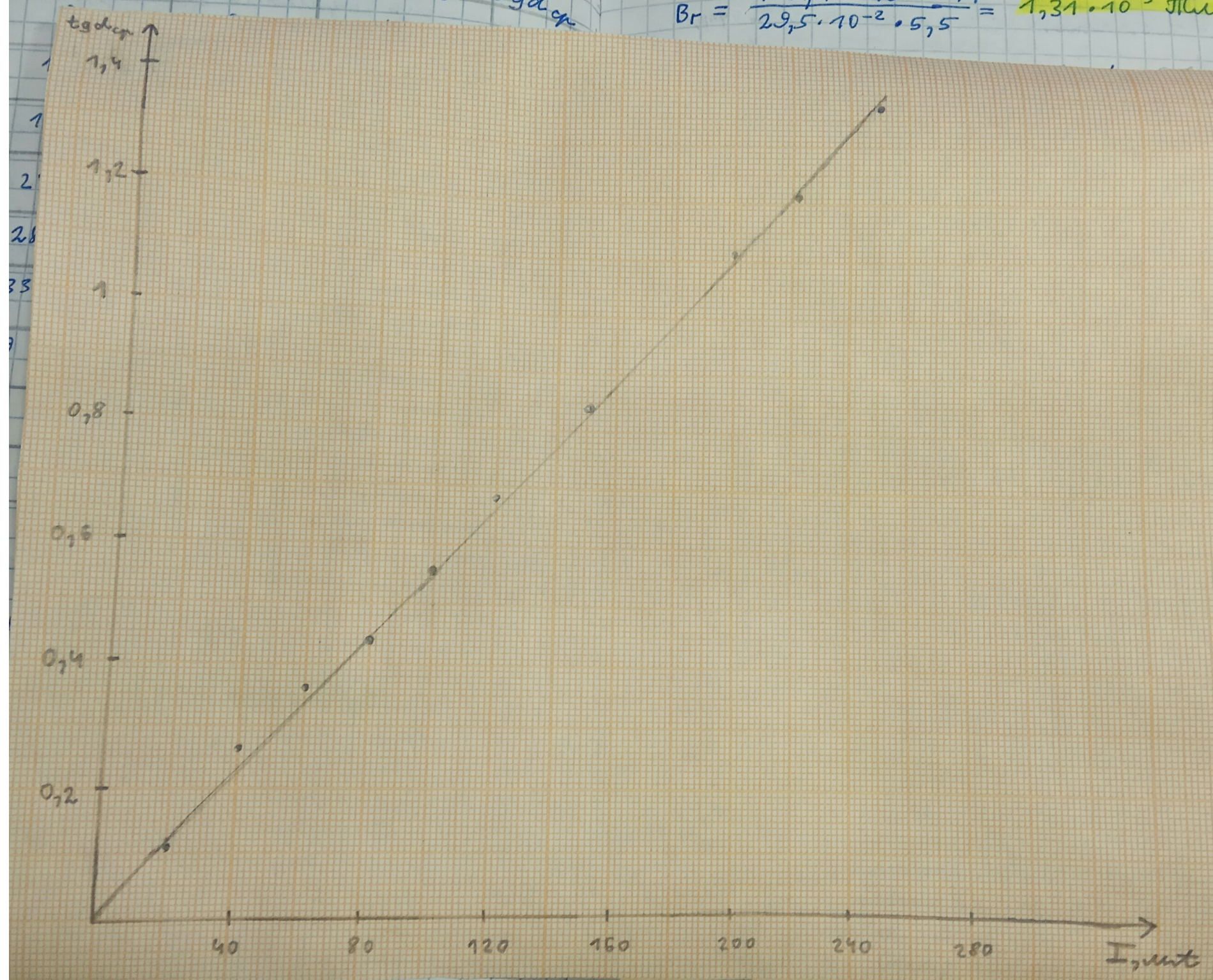
6) $(1300 \pm 150) \cdot 10^{-8} \text{ Тл}$

Вывод:

В ходе данной работы было определено значение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли с помощью метода наименьших квадратов. Оно равно $(1300 \pm 150) \cdot 10^{-8} \text{ Тл}$.

mp, rang tgdcp

$$Br = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 17}{29,5 \cdot 10^{-2} \cdot 5,5} = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ Jtu.}$$



Лаб. 2.13

Контрольные вопросы:

- 1) Трассируя вектора магнитной индукции на π -то касательного к земной пов-ти.
- 2) Ток пропускаемый через катушку электрического тока I . В её центре создается магнитное поле. Магнитная индукция определяется величиной сферического поля.
- 3) Линии магнитной индукции выходят из Южного магнитного полюса, который находится на Севере и входят в северный магнитный полюс, который находится на Юге.
- 4) Точная катушка и магнитная индукция
- 5) Определите значение нормального компонента вектора индукции магнитного поля Земли.
- 6) \vec{B}_k и \vec{B}_r , причем $\vec{B}_k \perp \vec{B}_r$
- 7)
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I dl \cdot \sin \alpha}{r^2}$$
 где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Тл/А}$.

Малым элементом dl проводника с током I создаем в окружающей пр-ве на расстоянии r от центра d магнитное поле с индукцией dB .

$$8) dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \alpha}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{L}{R^2} dl$$

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

- 9) Направление вектора магнитной индукции определяется по правилу буравчика. ~~...~~
- 10) Они перпендикулярны.