

Измерим параметры магнитных шариков: $m_1 = 820$ г, $m_2 = 815$ г, $d = 5,9$ мм.

Величину магнитного момента двух одинаковых шариков можно рассчитать, зная их массу и определив максимальное расстояние r_{max} , на котором они удерживают друг друга.

$$P_m = \sqrt{\frac{4\pi mgr_{max}^4}{6\mu_0}}$$

Перепишем выражение с учетом $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$

$$P_m = \sqrt{\frac{mgr_{max}^4}{6} \cdot 10^7}$$

В процессе эксперимента получено $r_{max} = 23$ мм.

$$P_m = 61,84 \text{ А} \cdot \text{м}^2$$

Горизонтальную составляющую магнитного поля Земли можно найти, используя период крутильных колебаний.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_n}{P_{mn}B_{||}}}$$

где J_n – момент инерции стрелки из n шариков, $P_{mn} = P_m \cdot n$ – магнитный момент стрелки. Момент инерции стрелки приближенно можно считать

$$J_n \approx \frac{1}{3}n^3mR^2$$

тогда

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mR^2}{3P_mB_{||}}}n$$

Снимем зависимость и построим график $T(n)$, тогда угловой коэффициент наклона будет равен $k = 2\pi \sqrt{\frac{mR^2}{3P_mB_{||}}}$. Отсюда найдем горизонтальную составляющую магнитного поля Земли: $B_{||} = \frac{mR^2}{3P_mk^2}$.

| | | | | | |
|-----|------|------|-----|------|------|
| n | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 |
| T | 2,86 | 2,67 | 2,4 | 2,23 | 1,95 |

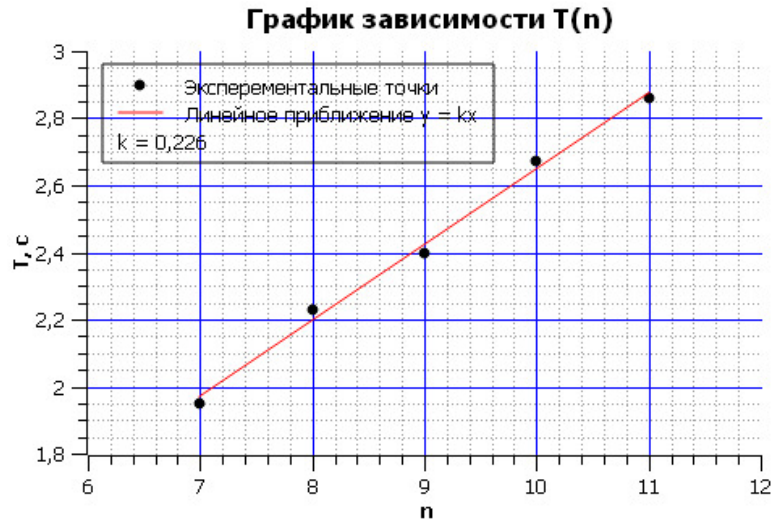


Рис. 1:

$$B_{\parallel} = 19,6 \text{ мкТл}$$

Измерить вертикальную составляющую магнитного поля Земли можно с помощью той же установки, используя уравнение моментов.

$$mgr_{\text{гр}} = nP_m B_{\perp}$$

$$B_{\perp} = 47 \text{ мкТл}$$

Найдем полный модуль магнитного поля Земли на текущей широте.

$$B_0 = \sqrt{B_{\parallel}^2 + B_{\perp}^2} = 44,2 \text{ мкТл}$$

Исследуем индукцию соленоида. Параметры шайбы: $d = 9 \text{ мм}$, $h = 4 \text{ мм}$.

| | | | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| $B, \text{ мТл}$ | 232 | 314 | 349 | 355 | 362 | 363 | 364 | 369 |

Магнитное поле в произвольной точке A на оси соленоида рассчитывается по формуле

$$B_A = \frac{\mu_0}{4\pi} 2\pi i (\cos \alpha - \cos \beta)$$

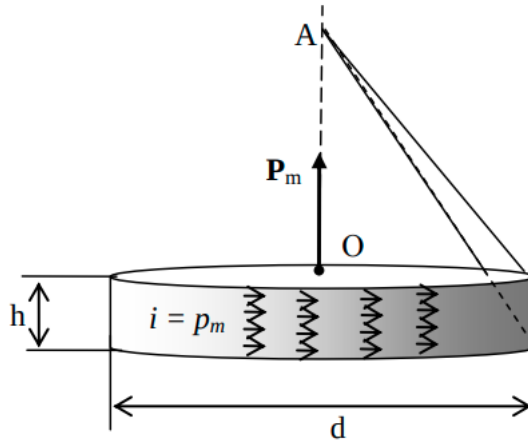


Рис. 2:

Для точки O на торце соленоида $\cos \beta = 0$, так что для соленоида высотой h , радиусом R , и магнитным моментом P_m поле на торце рассчитывается по формуле

$$B(h) = \frac{\mu_0}{2} P_m \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}}$$

Проведем небольшое исследование функции $B(h)$.

$$\lim_{h \rightarrow \infty} \frac{\mu_0}{2} P_m \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}} = \frac{\mu_0}{2} P_m$$

Таким образом, график функции $B(h)$ должен иметь горизонтальную асимптоту $B_0 = \frac{\mu_0}{2} P_m$, что мы и можем наблюдать на практике.

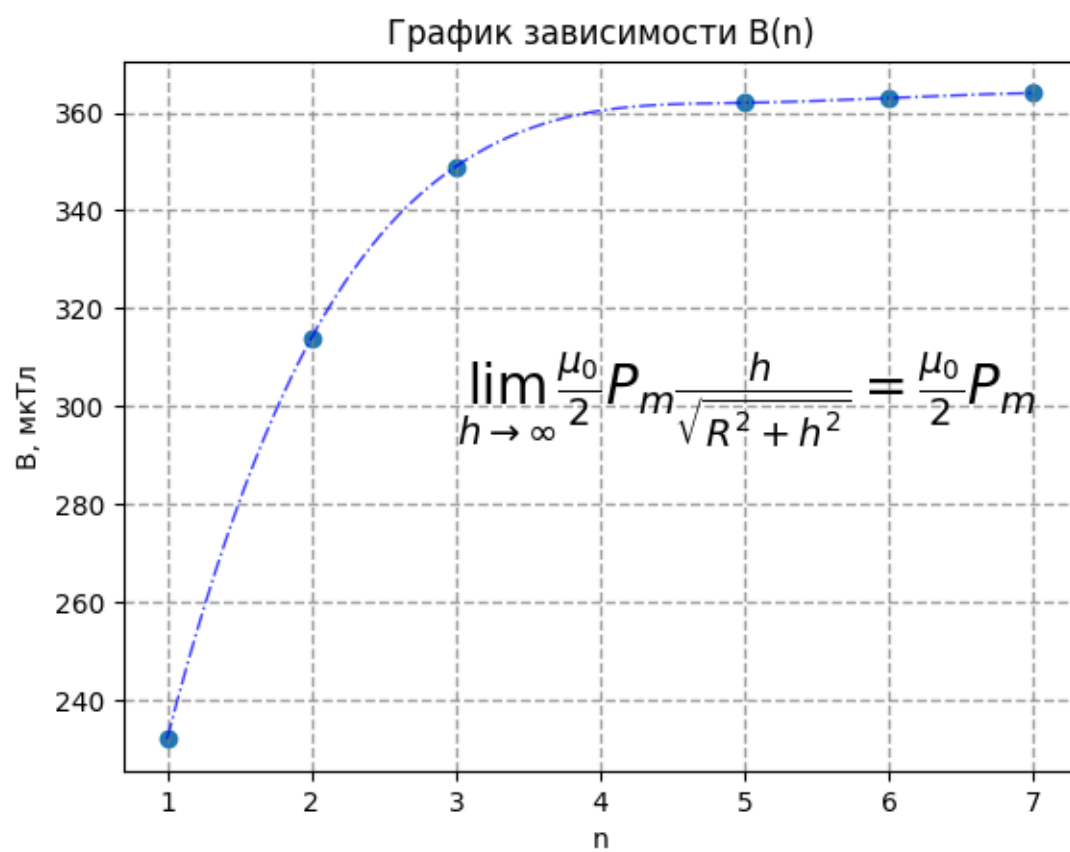


Рис. 3: