

Лабораторная работа № 3.1.2: Изучение магнитного поля соленоида с помощью датчика Холла.

Зотов Алексей, 497

18 ноября 2016 г.

Цель работы: Изучение магнитного поля соленоида, магнитного поля постоянных магнитов, измерение индукции магнитного поля Земли.

В работе используются: Соленоид, намотанный на полый цилиндрический каркас, набор из 10 постоянных магнитов в форме дисков ($d = 25$ мм, $h = 5$ мм); 8 небольших одинаковых магнитиков ($4 \times 6 \times 8$ мм³), источник постоянного тока с встроенным амперметром, измеритель магнитной индукции Ш1-10 (магнитометр), измеритель магнитной индукции АТЕ-8702, весы, тонкая нить для изготовления крутильного маятника, секундомер, штангенциркуль, брусок из немагнитного материала $25 \times 30 \times 60$ мм³, штатив из немагнитного материала.

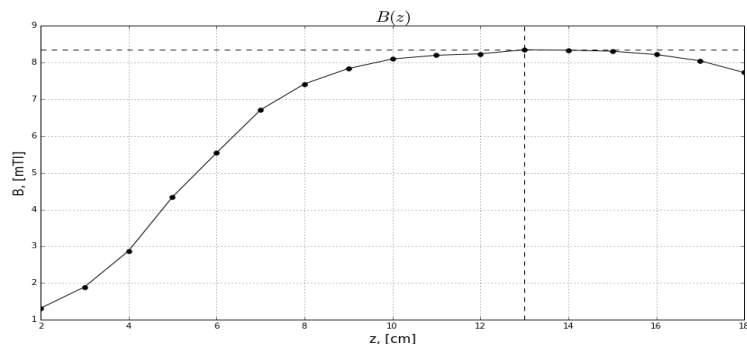
Ход работы:

А. Исследование зависимости индукции магнитного поля на оси соленоида.

1. Установим ток в соленоиде $I = 0.5$ А, найдем зависимость $B = B(z)$ индукции магнитного поля от координаты z , направленной вдоль оси соленоида.

$B = [1.31, 1.89, 2.87, 4.34, 5.54, 6.71, 7.42, 7.84, 8.10, 8.20, 8.24, 8.35, 8.34, 8.31, 8.22, 8.05, 7.73]$ мТл.

$z = [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]$ см.

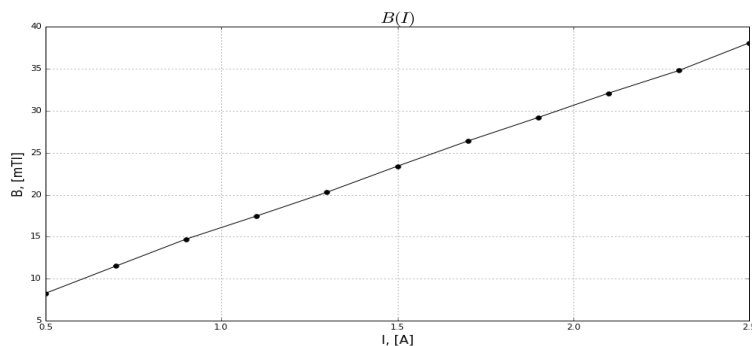


Средняя точка на оси соленоида $z_0 = 13 \pm 0.5$ см.

2. Установим зонд в среднюю точку z_0 и найдем $B = B(I)$ - зависимость индукции от силы тока.

$B = [8.26, 11.50, 14.72, 17.47, 20.3, 23.4, 26.4, 29.2, 32.1, 34.8, 38.1]$ мТл.

$I = [0.5, 0.7, 0.9, 1.1, 1.3, 1.5, 1.7, 1.9, 2.1, 2.3, 2.5]$ А.



3. Сравним полученную зависимость $B(z)$ с теоретической $B = B_{th}(z)$

Параметры соленоида:

- (а) число витков $N = 2300$
- (б) длина $l = 16.7$
- (с) радиус $r = 3.1$

Индукция магнитного поля соленоида:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} 2\pi I n (\cos \alpha - \cos \beta) \quad (1)$$

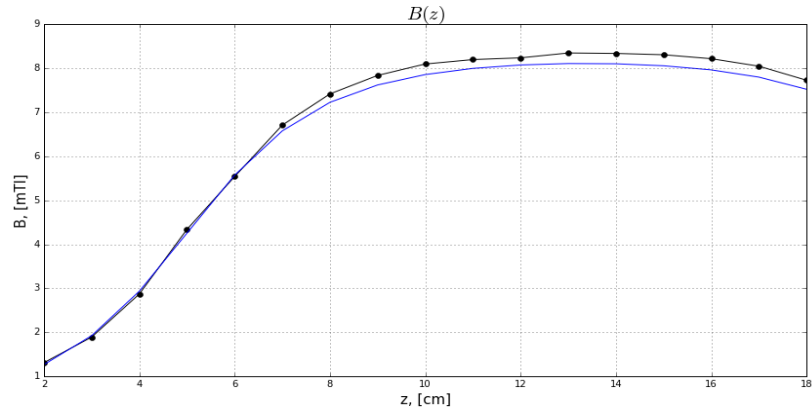
где, $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Гн / м - магнитная постоянная, $n = N/l$ - плотность намотки, α и β углы под которыми видны задний и передний торцы соленоида соответственно. Выражая $\cos \alpha$ и $\cos \beta$ через z , получим :

$$\cos \alpha = \frac{z_2 - z}{\sqrt{R^2 + (z_2 - z)^2}} \quad (2)$$

$$\cos \beta = \frac{z_1 - z}{\sqrt{R^2 + (z_1 - z)^2}} \quad (3)$$

где z_1 и z_2 - координаты начала и конца соленоида соответственно.

Определим z_1 и z_2 экспериментально, по графику $B(z)$, считая что в точке z_1 индукция в 2 раза меньше чем максимальная, а z_2 симметрична относительно точки с максимальной индукцией. Возьмем $z_1 = 4.7$ см, тогда $z_2 = z_1 + 2(z_0 - z_1) = 21.3$ см. Оценочная длина $l = z_2 - z_1 = 16.6$, что близко к настоящему значению. Оценим плотность намотки $n = \frac{B_{max}}{\mu_0 I}$, $N = nl$: $n \approx 137.7$ витков/см, $N \approx 2286$.



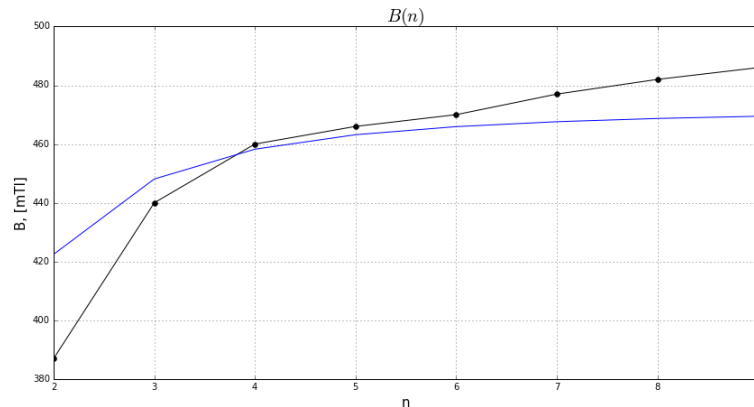
Графики почти совпадают. Теоретическое значение центра соленоида $z_0 = 13.4 \pm 0.3$ см, с учетом погрешности совпадает с экспериментальным результатом.

Б. Исследование индукции магнитного поля постоянных магнитов.

Измерим индукцию магнитного поля в центре цилиндра состоящего из постоянных магнитов в форме диска ($h = 0.5$ см, $r = 0.5$ см).

$B = [387, 440, 460, 466, 470, 477, 482, 486]$ мТл.

$n = [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]$



$B_n = \frac{B_r}{2} \frac{nh}{\sqrt{r^2 + (nh)^2}}$, отсюда найдем $B_r \approx 944.7 \text{ мТл}$ - остаточная индукция.

Г. Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

Измерим период колебаний $n = 8$ шариков. Время $k = 20$ колебаний $t = 50.0 \pm 0.5 \text{ с}$, период $t = 2.50 \pm 0.03 \text{ с}$.
 $m = 0.853 \text{ г}$, $d = 0.6 \text{ см}$.

Найдем горизонтальную составляющую магнитного поля земли из формул:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{P_m B_h}} \implies B_h = \frac{4\pi^2 J}{T^2 P_m} \quad (4)$$

J найдем, считая соединенные шарики примерно брусом, а P_m^1 из:

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} 6P_m^2 / l^4 = mg \implies P_m = l^2 \sqrt{\frac{4\pi mg}{6\mu_0}} \quad (5)$$

Для всей стрелки $P_m = 8P_m^1$, отсюда $B_h = 22.2 \pm 1.8 \text{ мкТл}$. $\varepsilon_T = 0.01$, $\varepsilon_l = 0.04$.
 $\varepsilon_{B_h} \approx 0.08$.