

Лабораторная работа 3.1.1

Магнитометр

Татаурова Юлия Романовна

19 сентября 2024 г.

Цель работы: определить горизонтальную составляющую магнитного поля Земли и установить количественное соотношение между единицами электрического тока в системах СИ и СГС.

Оборудование: магнитометр, осветитель со шкалой, источник питания, вольтметр, электромагнитный переключатель, конденсатор, намагниченный стержень, прибор для определения периода крутильных колебаний, рулетка, штангенциркуль.

Экспериментальная установка

Магнитометр состоит из нескольких последовательно соединённых круговых витков K . В центре кольца K радиусом R на нити подвешена короткая магнитная стрелка C . В отсутствие других магнитных полей стрелка располагается по направлению горизонтальной составляющей земного магнитного поля B_0 .

Прибор настраивают с помощью световых зайчиков, отражённых от двух зеркал: $З_1$, прикреплённого к стрелке, и $З_2$, расположенного в плоскости кольца K и жёстко связанного с ним. Оба зеркала освещаются одним и тем же осветителем O .

При появлении дополнительного горизонтального магнитного поля B_{\perp} стрелка C установится по равнодействующей обоих полей B_{Σ} . В нашей установке дополнительное поле может быть создано либо малым ферромагнитным стержнем, расположенным на кольце на

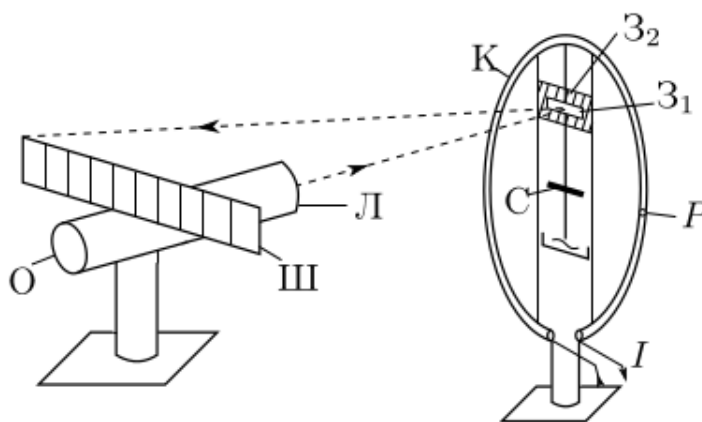


Рис. 1: Схема установки

его горизонтальном диаметре (B_1), либо током, проходящим по кольцу (B_2). В обоих случаях дополнительное поле можно считать однородным, так как размеры стрелки много меньше радиуса кольца.

$$B_1 = \frac{\mu_0 m}{4\pi R^3}, \quad B_2 = N \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (1)$$

где m - магнитный момент стержня; I - сила тока в кольце; N - число витков в кольце.

Поля B_1, B_2 и угол отклонения стрелки φ связаны соотношением

$$B_{\perp} = B_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

Поле намагниченного стержня вдали от него можно считать:

$$\bar{B}(\bar{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left(2 \frac{(\bar{m} \cdot \bar{r})\bar{r}}{r^5} - \frac{\bar{m}}{r^3} \right) \quad (3)$$

Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

В отверстие Р устанавливается намагниченный стержень. Стрелка отклонится на угол φ_1 , что

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{x_1}{2L} \quad (4)$$

Исключим из выражения \bar{m} , измерив период крутильных колебаний стержня в поле Земли.

$$M_{\text{мех}} = |\bar{m} \times \bar{B}| \approx \bar{m} B_0 \alpha \quad (5)$$

$$J\ddot{\alpha} + m_0 \alpha = 0 \quad (6)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mB_0}} \quad (7)$$

$$J = m \left(\frac{l^2}{12} + \frac{r^2}{4} \right) \quad (8)$$

Из этого всего получаем выражение для горизонтальной составляющей магнитного поля Земли:

$$B_0 = \frac{2\pi}{TR} \sqrt{\frac{\mu_0 I L}{2\pi R x_1}} \quad (9)$$

Определение электродинамической постоянной

Ток в цепи кольца можно измерить двумя независимыми способами: по магнитному действию тока на стрелку магнитометра и по заряду, протекающему через цепь в единицу времени. По отношению результатов этих измерений можно определить электродинамическую постоянную c . По формулам 1-2 получаем:

$$I = \frac{2B_0 R}{\mu_0 N} \operatorname{tg} \varphi_2 \quad [\text{СИ}] \quad (10)$$

Второй способ: разрядим конденсатор (C), заряженный до U , через витки, то через них пройдет заряд $q = CU$. Если ν раз в секунду заряжать и разряжать, то средний ток будет: $I = CU\nu[\text{абс}]$. Тогда определяем значение электродинамической постоянной как:

$$c \left[\frac{\text{М}}{\text{с}} \right] = \frac{1}{10} \frac{I_{[\text{СГС}]}}{I_{[\text{СИ}]}} \quad (11)$$