

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации федеральное государственное
автономное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения».

Кафедра №3.

Отчёт
защиты с оценкой:
Преподаватель:

У 01.10.22
Р

доцент, канд. техн. наук
должность, уч. степень,
звание

01.10.2022
подпись, дата

М.Ю. Егоров
инициалы, фамилия

Отчёт о лабораторной работе №3.

Определение горизонтальной составляющей
напряжённости магнитного поля Земли.
по курсу: общая физика.

Работу выполнил

студент гр. 24136

М.С. 01.10.2022
подпись, дата

Бобровиц Н.С.
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург

2022

1)
с
н
6
2)

Лабораторная работа №3.

Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли.
Протокол измерений.

Студент группы № 4136

Бобровиц Н.С.

Преподаватель каф. № 3

Егоров М.Ю.

Параметры приборов.

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематич. погрешность
Вольтметр	М93	15 В	0,5 В	2,5	0,25 В
Миллиамперметр	М93	200 мА	5 мА	1	2,5 мА
Тангенс-гальванометр	ГР-2	360	1	—	0,5

Параметры установки.

$k = 9,5 \cdot 10^{-7} \frac{1}{м}$; $R = 20 см$; $N = 36 витков$; $V = 50 вольт$; $U = 8 В$

Результаты измерений.

Задание №1.

$I, мА$	$\alpha, ^\circ$	$\alpha', ^\circ$	$\alpha_{ср}, ^\circ$	$H_r, \frac{А}{м}$
110	35	47	41	14,1
70	20	40	30	17,3
100	30	46	38	16,5
120	38	50	44	14,0
(100)	(31)	(46)	(38)	

Задание №2.

$U, В$	$\alpha_{21}, ^\circ$	$\alpha'_{21}, ^\circ$
12	9	11

$$H_r = 15,5 \left(\frac{А}{м} \right)$$

Дата "3" сентября 2022г.

БИС

подпись студента

подпись преподавателя

1) Цель работы:

Определить с помощью тангенса-гальванометра горизонтальную составляющую магнитного поля Земли, электрическую постоянную системы СИ и скорость распространения электромагнитных волн в вакууме.

2) Описание лабораторной установки:

Схемы лабораторной установки указаны на рис. 1 и рис. 2:

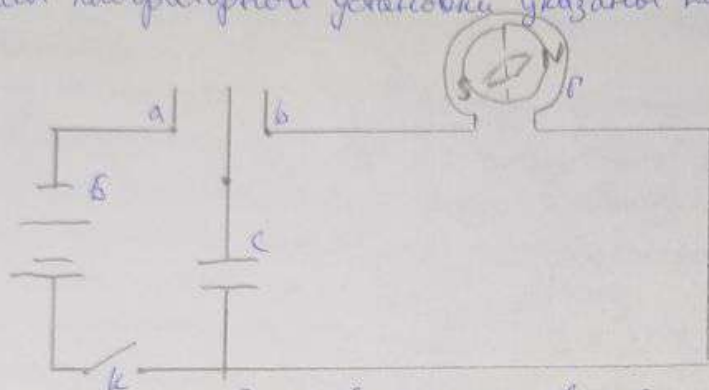


Рис. 1. Схема установки А

На рис. 1: Б - источник постоянного тока, С - конденсатор, Г - тангенс-гальванометр, К - ключ, а-б - электромагнитный переключатель. В положении переключателя а конденсатор заряжается до напряжения U , в положении б конденсатор разряжается через тангенс-гальванометр. Электрическую постоянную системы СИ можно опред. тангенс-гальванометром.

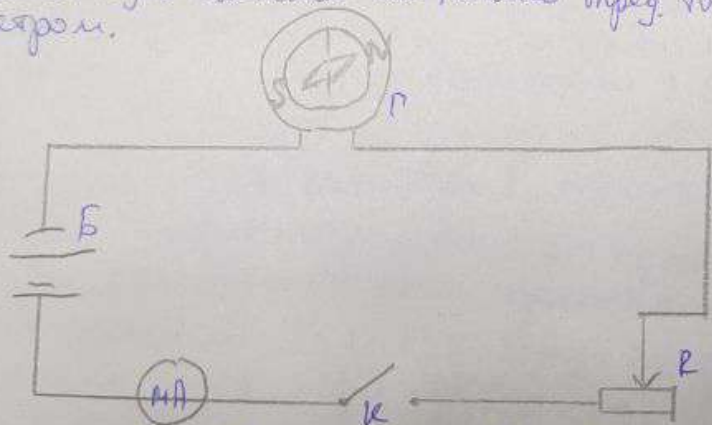


Рис. 2. Схема установки В

На рис. 2: Б - источник постоянного тока, мА - амперметр, R - реостат, Г - тангенс-гальванометр и К - ключ. Схема В используется для определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

3) Рабочие формулы:

Вектор горизонтальной составляющей напряжённости МТ \vec{H} равен: $\vec{H} = \vec{H}_1 + \vec{H}_2$ (3.1), где \vec{H}_1 - вектор горизонтальной составляющей напряжённости МТ Земли; \vec{H}_2 - вектор напряжённости МТ тока.

Угол α , на который отклонится стрелка тангенса-гальванометра равен: $\alpha = \arctg \frac{H_2}{H_1}$ (3.2), где H_1 и H_2 - модули векторов \vec{H}_1 и \vec{H}_2 соответственно.

Напряжённость H_1 МТ в центре круговой катушки опред. по формуле: $H_1 = \frac{IN}{2R}$ (3.3), где I - сила тока в круговой катушке, N - число витков в ней, R - радиус каждой витка.

Из (3.2) и (3.3) следует, что горизонтальная составляющая МТ Земли составляет: $H_1 = \frac{IN}{2R \cdot \operatorname{tg} \alpha}$ (3.4).

а также силу тока в катушке: $I = \frac{2RH_1 \operatorname{tg} \alpha}{N}$ (3.5).

Ёмкость конденсатора C пропорциональна:

$C = K \epsilon \epsilon_0$ (3.6), где ϵ - относ. диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего пространство между обкладками, ϵ_0 - эл. постоянная системы СИ, K - коэф. пропорциональности, величина которого зависит от формы, размеров обкладок конденсатора и расстояния между ними.

В положении переключателя а для схемы, на рис 1) заряд, накапливающийся на пластинках конденсатора при напряжении U , опред., соответственно (3.6), по формуле: $q = CU = K \epsilon \epsilon_0 U$ (3.7)

В положении б сила тока I , протекающего через тангенс-гальванометр, равна: $I = \nu q = K \nu \epsilon \epsilon_0 U$ (3.8), где ν - частота переключений переключателя а-б.

На основании (3.5) и (3.8) опред. эл. постоянная системы СИ: $\epsilon_0 = \frac{1}{K} \cdot \frac{2RH_1 \operatorname{tg} \alpha}{N \nu \epsilon U}$ (3.9)

Зная ϵ_0 находим и скорость распространения ЭМ волн в вакууме: $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ (3.10)

Примеры:

4) ~~Результаты измерений и вычисления:~~

1) По формуле (3.3):

$$H_r = \frac{IN}{2R} = \frac{110 \cdot 10^{-3} \cdot 36}{2 \cdot 0,2} = 9,9 \left(\frac{A}{m} \right)$$

2) По формуле (3.4):

$$H_r = \frac{IN}{2R \cdot \tan \alpha} = \frac{110 \cdot 10^{-3} \cdot 36}{2 \cdot 0,2 \cdot \tan 35^\circ} = 14,1 \left(\frac{A}{m} \right)$$

3) По формуле (3.9):

$$\epsilon_0 = \frac{1}{k} \cdot \frac{2R \bar{H}_r \tan \alpha}{N \sqrt{\epsilon} U} = \frac{1}{4,5 \cdot 10^{-7}} \cdot \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 15,5 \cdot \tan 31^\circ}{36 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 12} \approx 4,6 \cdot 10^{-12} \left(\frac{Ф}{м} \right)$$

4) По формуле (3.10):

$$\epsilon = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{4,6 \cdot 10^{-12} \cdot 1,26 \cdot 10^{-6}}} = 1,3 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с} \right)$$

5) Вычисление погрешностей:

5.1) Сист. погрешности:

$$\theta_d = \frac{L_{max} \cdot K_d}{100} = 0,5^\circ$$

$$\theta_u = \frac{u_{max} \cdot K_u}{100} = 0,25(B)$$

$$\theta_I = \frac{I_{max} \cdot K_I}{100} = 2,5 (mA)$$

$$\theta_{H_r} = \left| \frac{\partial H_r}{\partial d} \right| \theta_d + \left| \frac{\partial H_r}{\partial I} \right| \theta_I = \left| - \frac{IN}{2R \sin^2 \alpha} \right| \theta_d + \left| \frac{N}{2R \tan \alpha} \right| \theta_I =$$

$$= \frac{100 \cdot 36}{2 \cdot 0,2 \cdot \sin^2 31^\circ} \cdot 0,5^\circ + \frac{36}{2 \cdot 0,2 \cdot \tan 31^\circ} \cdot 2,5 \approx 3,2 \left(\frac{A}{m} \right)$$

$$\theta_{\epsilon_0} = \left| \frac{\partial \epsilon_0}{\partial d} \right| \theta_d + \left| \frac{\partial \epsilon_0}{\partial u} \right| \theta_u = \left| \frac{1}{k} \cdot \frac{2R \bar{H}_r \tan \alpha}{N \sqrt{\epsilon} U \cos \alpha} \right| \theta_d + \left| \frac{1}{k} \cdot \frac{2R \bar{H}_r \tan \alpha}{N \sqrt{\epsilon} U^2} \right| \theta_u =$$

$$= \frac{1}{4,5 \cdot 10^{-7}} \cdot \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 15,5}{36 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 12 \cdot \cos^2 31^\circ} \cdot 0,5^\circ + \frac{1}{4,5 \cdot 10^{-7}} \cdot \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 15,5 \cdot \tan 31^\circ}{36 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 144} \cdot$$

$$0,25 \approx 2 \cdot 10^{-12} \left(\frac{Ф}{м} \right)$$

$$\theta_\epsilon = \left| \frac{\partial \epsilon}{\partial \epsilon_0} \right| \theta_{\epsilon_0} = \left| \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0^3 \cdot \mu_0}} \right| \theta_{\epsilon_0} = \frac{1}{\sqrt{(4,6 \cdot 10^{-12})^3 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6}}} \cdot 2 \cdot 10^{-12} =$$

$$\approx 93,6 \cdot 10^7 \left(\frac{м}{с} \right)$$

5.2) Случайные погрешности:

$$\bar{x} = \frac{41 + 30 + 38 + 44}{4} = 38,25^\circ$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(41 - 38,25)^2 + (30 - 38,25)^2 + (38 - 38,25)^2 + (44 - 38,25)^2}{4(4-1)}} \approx 3,4^\circ$$

$$\bar{I} = \frac{110 + 70 + 100 + 120}{4} = 100 (mA)$$

$$S_I = \sqrt{\frac{(110-100)^2 + \dots + (120-100)^2}{4(4-1)}} \approx 0,8 (\text{мА})$$

5.3) Полная погрешность:

$$1) \Delta \alpha = \theta_\alpha + S_\alpha = 0,5 + 3,4^\circ = 3,9^\circ$$

$$2) \Delta I = \theta_I + S_I = 2,5 + 0,8 = 3,3 (\text{мА})$$

6) Вывод:

1) Я ознакомился с принципом работы гальванометра, изучил ч. схему и получил рез. величины по помощи.

2) При токе $I = 100 \pm 3,3 (\text{мА})$ стрелка гальванометра отклонилась на $\alpha = 31 \pm 3,9^\circ$.

3) Используя эти данные, я установил, что горизонтальная составляющая намагниченности M_H Земли $M_H = 15,5 \pm 3,2 \left(\frac{\text{А}}{\text{м}} \right)$.

4) Кроме того, в ходе расчетов с использованием M_H было получено эл. постоянная $\epsilon_0 = (4,6 \pm 2) \cdot 10^{-12} \left(\frac{\text{Ф}}{\text{м}} \right)$ и скорость распространения эл. волн в вакууме $c = (13,0 \pm 7,36) \cdot 10^8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$.