

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Методичні вказівки
до лабораторної роботи
№ 3.49

ВИВЧЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОЇДА

м. Дніпропетровськ
2011

Матеріали методичного забезпечення дисципліни “Фізика” для студентів усіх спеціальностей. / Укладачі: А.В. Чернай, Л.І. Барташевська, А.С. Зайцев, В.М. Мандрікевич, – Д.: НГУ, 2007.– 43 с.

Укладачі:

Кандидати фіз.-мат. наук

Л.І. Барташевська;

А.С. Зайцев.

Старші викладачі

В.М. Мандрікевич;

Т.В. Морозова.

Д-р фіз.-мат. наук, професор

А.В. Чернай.

Усі укладачі приймали участь в розробці методичних вказівок до лабораторних робіт та удосконаленні їх макетів.

Затверджено методичною комісією з напряму підготовки 8.092204 №3 від 19.12.11 р. за поданням кафедри фізики (протокол № 4 від 6.12 2011 р.)

Відповідальний за випуск: завідувач кафедрою фізики, канд.фіз.-мат., наук, проф. І.П. Гаркуша.

Вивчення магнітного поля соленоїда

Прилади і приладдя: 1) соленоїд; 2) реостат; 3) мілівеберметр; 4) амперметр; 5) вимірювальна котушка; 6) перемикачі; 7) джерело струму.

Мета роботи: 1) дослідження магнітного поля соленоїда; 2) визначення залежності магнітної індукції поля соленоїда від сили струму; 3) визначення залежності магнітної індукції поля соленоїда в різних точках осі соленоїда скінченної довжини.

Опис приладу і теоретичні відомості

Соленоїд представляє собою пристрій з провідника, який щільно намотаний на циліндричний каркас (рис. 1).

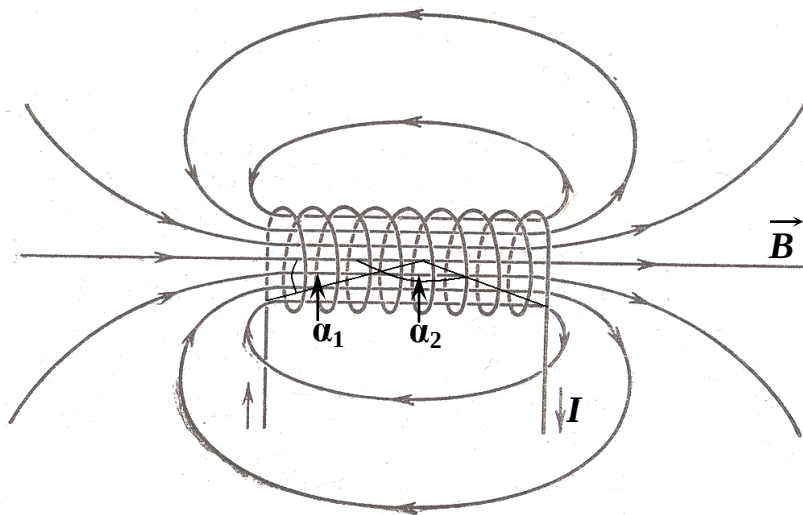


Рис. 1

При протіканні електричного струму через соленоїд в його середній частині магнітне поле спрямоване паралельно осі. Значення індукції B магнітного поля в будь-якій точці A осі соленоїда

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0}{2} nI (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2), \quad (1)$$

де α_1 і α_2 – кути, утворені з віссю соленоїда прямими, проведеними з точки A до країв соленоїда (рис. 1);

μ – магнітна проникність магнетика, що заповнює об'єм соленоїда; n – число витків, що приходяться на одиницю довжини соленоїда.

Індукцію магнітного поля довгого соленоїда приблизно можна обчислити за формулою:

$$B = \mu \cdot \mu_0 nI. \quad (2)$$

При цьому результат буде тим точніший, чим більша довжина соленоїда від його діаметра і чим ближче до середини соленоїда вибрана точка A . При набли-

женні до краю соленоїда один із кутів α_1 або α_2 прагне до $\frac{\pi}{2}$ й індукція магнітного поля зменшується.

Магнітне поле поза соленоїдом подібно полю смугового магніту (рис.1).

Соленоїд з феромагнітним осердям у внутрішній порожнині представляє собою електромагніт.

Принципова електрична схема для виміру магнітного поля всередині соленоїда представлена на рис. 2. Для вивчення магнітного поля соленоїда 1 розташуємо на його осі вимірювальну котушку 2. Діаметр вимірювальної котушки – d_2 , число витків – ω_2 , площа одного витка – S_2 .

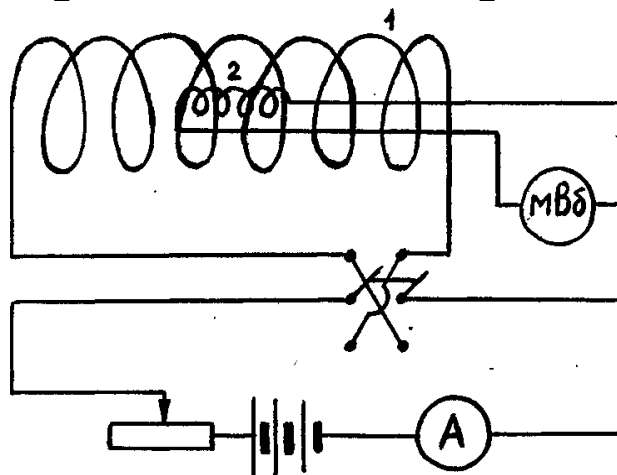


Рис. 2

Вимірювальну котушку 2 з'єднаємо з мілівеберметром. При зміні магнітного потоку, у вимірювальній котушці виникає електрорушійна сила індукції і через мілівеберметр проходить електричний струм.

Заряд, що пройшов через мілівеберметр, визначається за формулою

$$q = \frac{\omega_2 \Delta \Phi}{Z}, \quad (3)$$

де $\Delta \Phi$ – зміна магнітного потоку через поперечний переріз вимірювальної котушки 2; Z – повний опір вимірювального ланцюга.

За показниками мілівеберметра можна безпосередньо визначити зміну повного магнітного потоку, зчепленого з усіма витками вимірювальної котушки:

$$\Delta \Psi = \omega_2 \Delta \Phi = K_{\Phi} \Delta N, \quad (4)$$

де K_{Φ} – ціна поділки мілівеберметра; ΔN – кількість поділок, на яке відхилилась стрілка мілівеберметра.

Якщо замкнути коло живлення і пропустити через соленоїд постійний струм I , то протягом перехідного процесу струм зростає від нуля до I і магнітний потік, зчеплений з кожним витком вимірювальної котушки, зміниться на величину

$$\Delta \Phi = BS_2. \quad (5)$$

З формул (4) і (5) одержуємо величину магнітної індукції на осі соленоїда в області розташування вимірювальної котушки:

$$B = \frac{K_{\Phi} \cdot \Delta N}{\omega_2 S_2} . \quad (6)$$

За допомогою вимірів індукції магнітного поля соленоїда в різних точках на його осі і при різних струмах можна встановити залежності магнітної індукції від координати точки на осі соленоїда і магнітної індукції поля соленоїда від величини струму.

Вимірювання

1. Попередньо, вимкнувши всі перемикачі на панелі, підключити джерело живлення.

2. Замкнути перемикач на панелі та встановити величину струму за указівкою викладача (у межах $0,5 - 0,9 \text{ A}$), після чого цей перемикач розімкнути.

3. Перемикач мілівеберметра встановити в положення «КОРЕКТОР» і за допомогою ручки «КОРЕКТОР» стрілку приладу вивести на середину шкали (на цифру 5), а перемикач приладу перевести в положення «ВИМІР».

4. Вимірювальну котушку за допомогою маховичка встановити на середину соленоїда.

5. Записати максимальне середнє відхилення ΔN (у поділках) стрілки мілівеберметра від цифри 5 на шкалі для двох протилежних напрямів того самого струму.

6. Переміщуючи вимірювальну котушку вліво з кроком 4 см до кінця соленоїда, робити після кожного переміщення вимір відповідно до п.5 і записувати положення вимірювальної котушки щодо середини соленоїда. Поблизу краю соленоїда крок зменшити до 1 см.

7. Обчислити індукцію B магнітного поля соленоїда за формулою (6) для кожного виміру згідно з п.6. Результати вимірів і обчислень занести в табл. 1.

8. Установити вимірювальну котушку на середину шкали соленоїда або на будь-який інший поділ за вказівкою викладача.

9. Перемикач на приладі поставити в положення «ВИМІР». Реостатом установити величину струму $I = 0,2 \text{ A}$, перемикач на панелі перевести в середнє положення.

10. Провести виміри за п.5 і повторити їх для величин струму $0,3 - 0,6 \text{ A}$, струму, змінюючи його щораз на $0,1 \text{ A}$.

11. Обчислити індукцію B магнітного поля соленоїда для кожного виміру пункту 10 за формулою (6), результати вимірів і обчислень занести в табл. 2.

12. Побудувати графік залежності магнітної індукції поля соленоїда на осі $B = f(\ell)$ для даного значення величини струму і графік залежності магнітної індукції поля соленоїда від величини струму в ньому $B = f(I)$ для даного значення ℓ .

Таблиця 1

<i>№ виміру</i>	<i>I, А</i>	<i>ℓ, м</i>	<i>ΔN</i>	<i>B, Тл</i>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Таблиця 2

<i>№ виміру</i>	<i>I, А</i>	<i>ℓ, м</i>	<i>ΔN</i>	<i>B, Тл</i>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Контрольні питання

1. У чому принципове розходження в розрахунках індукції магнітного поля на осі соленоїда за формулами (1) і (6)?
2. Яка фізична величина називається магнітною індукцією?
3. У чому полягає явище електромагнітної індукції?

Література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. – К.: Техніка, 2001. – Т.2, розд.2.
2. Савельєв І.В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1997.- Т.2, 4.1, гл.5.