

№4. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЕСОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определение индукции однородного магнитного поля с помощью аналитических весов.

2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Регулируемый источник постоянного тока ВС-24М, амперметр Э59, измеритель силы взаимодействия магнитной системы и проводника с током на основе аналитических весов АД-200.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Согласно закону, установленному Ампером, на элемент проводника

$d\vec{l}$ с током I , помещенный в магнитное поле, действует сила:

$$d\vec{F} = I[\vec{dl} \times \vec{B}], (1)$$

где $d\vec{F}$ - вектор силы, действующей на элемент тока (Idl),

I - сила тока в проводнике,

$d\vec{l}$ - элемент длины проводника,

\vec{B} - вектор магнитная индукция в месте расположения элемента $d\vec{l}$.

Сила $d\vec{F}$ называется силой Ампера. Она направлена, согласно векторному произведению (1), перпендикулярно к плоскости, в которой лежат векторы $d\vec{l}$ и \vec{B} так, чтобы вращение от $d\vec{l}$ к \vec{B} происходило против часовой стрелки на наименьший угол, если смотреть с конца результирующего вектора $d\vec{F}$. Величину силы Ампера можно вычислить по формуле:

$$dF = IdlB \sin \alpha, (2)$$

где α - угол между векторами $d\vec{l}$ и \vec{B} .

Направление силы $d\vec{F}$ удобно определять с помощью так называемого правила левой руки: если расположить левую руку так, чтобы вектор

\vec{B} входил в ладонь, а четыре сложенные вместе пальца были направлены вдоль тока, то отставленный в сторону большой палец укажет направление силы Ампера.

Если проводник с током прямолинейный, а магнитное поле однородно и линии вектора \vec{B} перпендикулярны к проводнику, то формула (2) приобретает вид:

$$F = IlB, (3)$$

Формулой (3) можно воспользоваться для определения магнитной индукции магнитного поля постоянного магнита.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.1 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Основным элементом лабораторной установки являются аналитические весы АД-200, на левой чаше которых располагается магнитная система, состоящая из двух плоских магнитов в виде параллелепипедов.

Между наибольшими гранями магнитов установлена дистанционная вставка, фиксирующая ширину зазора, в котором создаётся магнитное поле. Однородность магнитного поля достаточна для данного опыта. На правой чаше весов закреплён противовес, который уравнивает плечи весов в начале отсчёта шкалы, приблизительно около -10 делений.

Шкала весов откалибрована по величине силы нарушающей равновесие.

Величину силы взаимодействия проводника с током и магнитами магнитной системы измеряем непосредственно по величине отклонения стрелки весов от положения равновесия.

Чувствительность весов составляет 10 мкН/дел. с погрешностью 10%.

Измерение величины тока в проводнике осуществляется с помощью электромагнитного стрелочного амперметра Э59 на пределе 0,5А.

Погрешность измерения тока указана на шкале амперметра и составляет 0,5% от всей шкалы.

Используя формулу (3) находим выражение для определения величины индукции.

$$B = F / I * l (4)$$

где l - длина проводника в магнитном поле (считаем длину проводника равной длине стороны магнита $l = 35 \text{ мм}$).

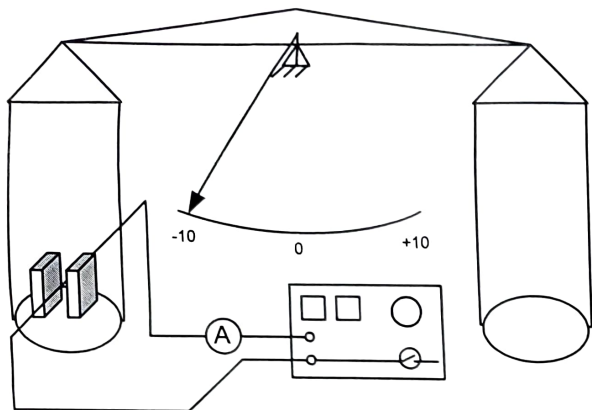


Рис.1 Схема лабораторной установки.

4.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Приступая к выполнению работы необходимо принять меры безопасности при работе с приборами, подключаемыми к сети напряжением 220 В. (Регулируемый источник тока).

Необходимо перед включением источника тока к сети проверить наличие надёжного подключения металлического корпуса к шине электрической нейтрали сети. ("Защитное зануление")

При отсутствии "Защитного зануления" необходимо обратиться к преподавателю, проводящему лабораторное занятие.

2. Перед включением установки убедиться в правильности соединений приборов согласно схеме приведённой на рис 1.

3. Проверить заземлённость подвижных частей весов и убавленное положение ручки регулятора источника тока. (Против часовой стрелки).

Главное разареттировать подвижные части весов и убедиться, что стрелка весов в равновесии у положения близкого к -10 делений. (Иначе обратиться к преподавателю)

Включить источник тока, и плавно увеличивая величину тока, снять зависимость значений отклонения стрелки весов от величины тока, не допуская превышения отклонения стрелки весов за пределы шкалы.

Результаты измерений занести в таблицу.

I_i дел.				
F_i дел.				
I_i А				
F_i Н				
B_i Тл				
ΔB_i Тл				
\bar{B} Тл				
ΔB Тл				

6. С помощью регулятора убавить величину тока до нуля и выключить источник питания с помощью тумблера на лицевой панели.

4.3 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Используя таблицу результатов измерений, построить график зависимости силы взаимодействия магнитной системы и проводника с током от величины тока.

По формуле (4) (где $l = 35$ мм) вычислить B_i для каждого значения F_i , и среднее значение магнитной индукции \bar{B} .

Найти отклонения ΔB_i результатов отдельных измерений от среднего значения и вычислить абсолютную погрешность результатов измерения ΔB ,

$\Delta S_B = \sqrt{\frac{\sum (\Delta B_i)^2}{n(n-1)}}$ - средняя квадратичная погрешность серии измерений

Записать окончательный результат в виде: $\Delta B = t_{\alpha}(n) \cdot \Delta S_B$

$B = (\bar{B} \pm \Delta B) \cdot 10^{-3}$ Тл; $\epsilon = \frac{\Delta B}{\bar{B}} \cdot 100\%$.

$t_2 = 2,35$

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте закон Ампера.
2. Выведите формулу для вращательного момента, действующего на весы.
3. Почему не учитываются силы, действующие на вертикальные стороны рамки (если они будут находиться в поле магнита)?

Список литературы

И.В.Савельев. "Курс общей физики", т.2, М., "Наука", 2002