

стрелки. После этого плоскость инклиноватора устанавливают вертикально и проводят измерения.

Измерения и обработка результатов

Задание 1. Измерение горизонтальной составляющей напряженности геомагнитного поля.

Сориентируйте тангенс-буссоль таким образом, чтобы витки рамки располагались в плоскости магнитного меридиана. Поворотом лимба добейтесь, чтобы его нулевые деления располагались напротив концов магнитной стрелки.

Убедитесь в том, что стрелка отклоняется при прохождении тока через рамку, а при изменении направления тока стрелка отклоняется в противоположную сторону примерно на такой же угол. В случае если разница между углами отклонения превышает 10 %, проведите повторное ориентирование рамки в плоскости магнитного меридиана. Запишите в таблицу показания лимба напротив северного конца магнитной стрелки ϕ_1 . Измените направление тока, не меняя его значения, и измерьте отклонение стрелки в другую сторону ϕ_2 . Проделайте три серии измерений для трех значений тока в рамке, измеряя каждый раз (и записывая в таблицу) точные значения углов отклонения стрелки. Рассчитайте H_x для каждой пары значений I и ϕ , где $\phi = (\phi_1 + \phi_2)/2$. По формуле (4) рассчитайте максимальную относительную погрешность каждого измерения H_x . Убедитесь в том, что относительная погрешность измерения минимальна при $\phi = 45^\circ$ и возрастает с увеличением угла.

Результаты измерений и вычислений внесите в таблицу. В окончательном результате в качестве H_x возьмите среднее арифметическое из результатов отдельных измерений.

Задание 2. Нахождение модуля напряженности геомагнитного поля.

С помощью инклиноватора измерьте угол магнитного наклонения β по положениям северного и южного концов стрелки, взяв в качестве окончательного результата их среднее арифметическое. Для повышения точности отсчета можно воспользоваться лупой. Зная угол β и горизонтальную составляющую поля Земли, найдите модуль напряженности геомагнитного поля.

Вычислите модуль индукции геомагнитного поля B , приняв относительную магнитную проницаемость воздуха равной единице.

Вопросы и упражнения

- На чем основано утверждение, что свободно подвешенная магнитная стрелка определяет направление вектора напряженности магнитного поля?

- Каковы углы магнитного наклонения на геомагнитном экваторе и на геомагнитном полюсе?
- Как зависят углы магнитного склонения и наклонения от географических координат точки наблюдения?
- Как узнать направление тока в рамке по направлению отклонению магнитной стрелки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.10

ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОИДА

Цель работы: ознакомление с методом измерения магнитного поля с помощью веберметра на примере поля соленоида; изучение принципа действия веберметра.

Приборы и принадлежности: соленоид, веберметр с измерительной катушкой, амперметр, источник постоянного тока.

Литература: [6, § 7.1, 7.4]; [31, § 6.12, 7.3]; [37, § 55, 125]; [14, § 6.3]; [18, § 81, 85].

Введение

Магнитное поле в данной точке может быть охарактеризовано двумя величинами — вектором напряженности магнитного поля \vec{H} и вектором магнитной индукции \vec{B} .

В случае простейших конфигураций (прямой ток, тороид, бесконечно длинный соленоид) значение \vec{H} легко находится с помощью закона Ампера (теоремы о циркуляции вектора \vec{H}), в более сложных случаях (соленоид конечной длины и др.) расчет \vec{H} затруднителен. Поэтому в ряде случаев предпочитают экспериментально определять \vec{B} , а затем находить \vec{H} .

Величину B можно измерить, используя явление электромагнитной индукции. Если в некоторую точку поля поместить небольшой контур, то при изменениях магнитного поля, пронизывающего контур, в нем возникает ЭДС индукции, равная скорости изменения магнитного потока $\mathcal{E} = -d\Phi/dt$, создающая в контуре ток $I = \mathcal{E}/R$. Интегрируя это выражение по времени, получим заряд, протекший по контуру: $q = \Delta\Phi/R$. Измерив заряд, можно найти изменение магнитного потока, а в случае изменения потока от нуля до некоторого значения — само это значение. Зная магнитный поток и параметры измерительного контура, можно найти значение индукции B в той области поля, где находится измерительный контур.

Описание экспериментальной установки

Внутри исследуемого соленоида (рис. 2.10.1) с помощью стержня с указателем, скользящим вдоль шкалы, может перемещаться измерительная катушка ИК, соединенная с веберметром — прибором, измеряющим протекающий по нему заряд. Шкала веберметра, как показывает название прибора, градуирована в единицах магнитного потока. Обмотка соленоида питается постоянным током, измеряемым амперметром. Сила тока изменяется реостатом.

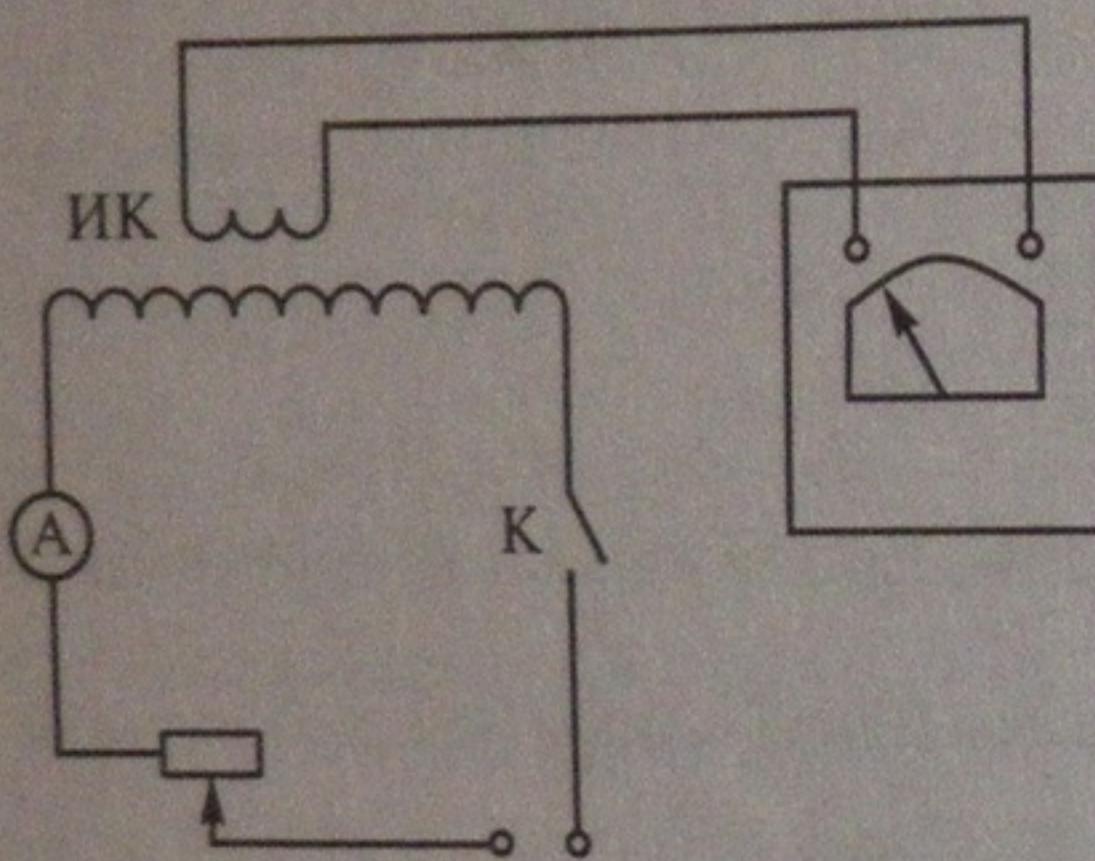


Рис. 2.10.1

Включая ток, отмечают показания веберметров до и после включения. Разность показаний равна значению магнитного потока, сцепленного с измерительной катушкой. Используя данные установки (площадь измерительной катушки ИК и число ее витков N), вычисляют искомое значение магнитной индукции в данном месте на оси соленоида.

Измерения и обработка результатов

Задание 1. Измерение поля внутри соленоида.

При неизменной силе тока перемещайте измерительную катушку вдоль оси соленоида, измеряя через каждые 1—3 см магнитный поток.

Если стрелка веберметра подошла к краю шкалы, следует поставить переключатель прибора в положение «корректор» и с помощью корректора вывести стрелку примерно на середину шкалы. По окончании измерений переключатель поставьте в положение «арретир».

По полученным данным постройте график зависимости $B_{\text{эксп}} = f(x)$, где x — расстояние от края соленоида до исследуемой точки.

Задание 2. Сравнение экспериментальных данных с теоретическими.

На графике, полученном в задании 1, постройте в том же масштабе теоретическую кривую зависимости $B_{\text{теор}} = f(x)$, пользуясь формулой

$$B_{\text{теор}} = \mu_0 \frac{nI}{2} \left(\frac{l-x}{\sqrt{R^2 - (l-x)^2}} + \frac{x}{R^2 + x^2} \right),$$

где n — число витков на единицу длины соленоида; l — длина соленоида; x — расстояние от края соленоида до исследуемой точки; R — радиус соленоида.

Задание 3. Исследование зависимости индукции внутри соленоида от силы тока в обмотке.

Установите измерительную катушку в определенном месте (вблизи середины соленоида), изменяйте силу тока, отметьте показания веберметра для каждого значения силы тока. После этого вычислите значения B и постройте график $B_{\text{эксп}} = f(I)$.

В том же масштабе постройте теоретическую кривую $B_{\text{теор}} = f(I)$, рассчитав B по приведенной выше формуле. Необходимые для расчета данные соленоида, а также пределы изменения силы тока указаны в паспорте установки.

Вопросы и упражнения

1. Каков физический смысл величин H и B и каковы единицы измерения этих величин?
2. Как связаны между собой величины H и B в вакууме и в различных средах?
3. Как устроен и как работает веберметр?
4. Почему стрелку веберметра не следует ставить на нуль перед началом измерений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.11

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА МЕТОДОМ МАГНЕТРОНА

Цель работы: изучение движения зарядов в скрещенных полях — электрическом и магнитном; определение удельного заряда электрона.

Приборы и принадлежности: электронная лампа с цилиндрическим анодом (6E5C — индикатор настройки), соленоид, микроамперметр, амперметр и вольтметр постоянного тока, реостат, источники питания.

Литература: [6, § 7.1, 7.9, 7.12]; [31, § 10.1—10.4]; [37, § 49, 86, 87, 89, 90]; [18, § 179, 183].

Введение

На заряд e , движущийся в электрическом поле с напряженностью \vec{E} и магнитном поле с индукцией \vec{B} , действует сила Лоренца: