

Bài 2: XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN NẪM NGANG CỦA TỪ TRƯỜNG TRÁI ĐẤT

1. Mục đích yêu cầu

1.1. Mục đích: Mục đích của bài thí nghiệm này là trang bị cho sinh viên những kiến thức và kỹ năng thực nghiệm để xác định thành phần nằm ngang của từ trường trái đất.

1.2. Yêu cầu

1. Nắm được cơ sở lý thuyết của phép đo.
2. Nắm được cấu tạo và nguyên lý làm việc của thiết bị thí nghiệm dùng để xác định thành phần nằm ngang của từ trường trái đất. Biết cách sử dụng đồng hồ đo điện vạn năng hiện số.
3. Biết cách tiến hành thí nghiệm nhằm xác định thành phần nằm ngang của từ trường trái đất.
4. Viết được báo cáo thí nghiệm, tính được sai số theo yêu cầu.

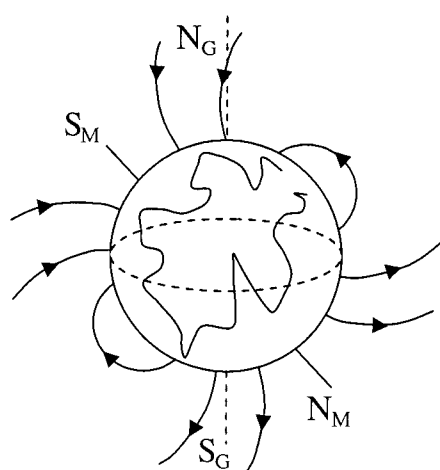
2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Từ trường của Trái đất

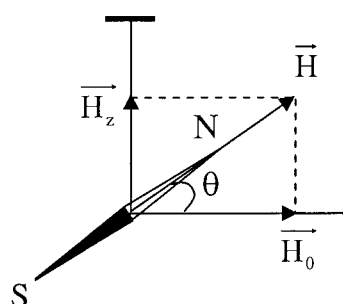
Trái đất là một khối nam châm khổng lồ hình cầu. Cực từ Bắc của nó nằm ở phía cực địa lý Nam và ngược lại, cực từ Nam lại nằm ở phía cực địa lý Bắc. Như vậy trong khoảng không gian bao quanh Trái đất có một từ trường. Phổ các đường sức của từ trường này có dạng như hình 1. Tác dụng của từ trường Trái đất tại mỗi điểm được đặc trưng bởi một vectơ cường độ từ trường \vec{H} nằm theo hướng nam - bắc của một kim nam châm treo bởi một sợi dây sao cho trọng tâm của nó trùng với điểm treo. Khi đó kim nam châm NS nằm tiếp tuyến với đường sức của từ trường Trái đất. Ở hai bên bán cầu, một đầu của kim nam châm bị hút về phía mặt đất nên kim nam châm SN bị nghiêng so với mặt đất một góc θ gọi là độ từ khuynh (tại xích đạo $\theta = 0$). Mặt phẳng thẳng đứng chứa kim nam châm SN gọi là mặt phẳng kinh tuyến từ. Các mặt phẳng kinh tuyến từ giao nhau theo trục từ của Trái đất. Các kinh tuyến từ hội tụ tại các cực từ N_M và S_M . Vì các cực từ của Trái đất không trùng với các cực địa lý nên mặt phẳng kinh tuyến từ bị lệch với kinh tuyến địa lý một góc lệch α và giá trị của góc lệch α gọi là độ từ thiên. Có thể phân tích vectơ cường độ từ trường Trái đất H ra thành 2 phần: H_0 nằm

ngang và H_z thẳng đứng (hình 2). Độ từ khuynh θ , độ từ thiên α và thành phần nằm ngang \vec{H}_0 là các yếu tố cho phép xác định độ lớn và hướng của vectơ cường độ từ trường Trái đất \vec{H} . Các yếu tố này có thể biến đổi theo thời gian. Nếu kim nam châm NS có thể quay tự do quanh một trục thẳng đứng thì nó sẽ định hướng theo thành phần nằm ngang \vec{H}_0 của cường độ từ trường Trái đất trong mặt phẳng kinh tuyến từ.

Lý thuyết về nguồn gốc của từ trường Trái đất được chia thành hai nhóm: hoặc dựa trên giả thuyết về sự tồn tại của các dòng điện khép kín nằm sâu trong chất lỏng của lõi Trái đất; hoặc dựa trên giả thuyết cho rằng ở những phần khác nhau của lớp vỏ Trái đất có chứa những lượng chất mang từ tính. Tuy nhiên các giả thuyết này vẫn chưa mang tính thuyết phục.



Hình 1



Hình 2

2.2. Điện kế tang

Điện kế tang (hình 3a) gồm một cuộn dây dẫn 1 hình tròn, có n vòng quấn xít nhau trong mặt phẳng thẳng đứng dùng để tạo ra từ trường. Kim nam châm 2 đặt tại tâm của cuộn dây dẫn và có thể quay tự do quanh một trục thẳng đứng hướng vuông góc với mặt chia độ 3. Để dễ quan sát, người ta gắn thêm một kim chỉ thị 4 dài bằng nhôm nhẹ hướng vuông góc với kim nam châm 2 và nằm trong cùng mặt phẳng ngang. Nếu mặt phẳng thẳng đứng của cuộn dây dẫn được đặt

trùng với mặt phẳng kinh tuyến từ thì kim chỉ thị 4 chỉ đúng vạch 0^0 trên mặt chia độ 3.

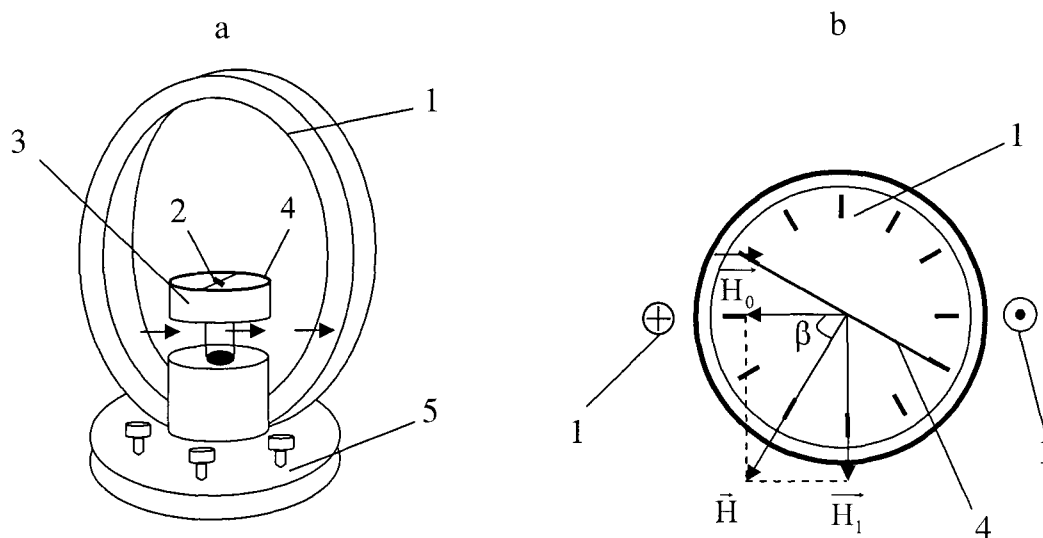
Cho dòng điện không đổi cường độ I chạy qua cuộn dây dẫn thì sẽ làm xuất hiện một từ trường bao quanh cuộn dây. Tại tâm O của cuộn dây, vector cường độ từ trường \vec{H}_1 hướng vuông góc với mặt phẳng của cuộn dây và có độ lớn bằng:

$$H_1 = \frac{nI}{D} \quad (1)$$

với D là đường kính của cuộn dây và n là số vòng dây của cuộn dây dẫn đó.

Như vậy trong mặt phẳng ngang, kim nam châm 2 chịu tác dụng đồng thời bởi thành phần nằm ngang của từ trường Trái đất H_0 và từ trường H_1 của cuộn dây hướng vuông góc với nhau (hình 3b). Kết quả là kim nam châm 2 quay một góc β theo hướng từ trường tổng hợp \vec{H} :

$$\vec{H} = \vec{H}_0 + \vec{H}_1 \quad (2)$$



Hình 3

Từ hình 3b ta nhận thấy:

$$H_1 = H_0 \tan \beta \quad (3)$$

Thay (1) vào (3), ta tìm được:

$$H_0 = \frac{n}{D} \frac{I}{\tan \beta} \quad (4)$$

Trong hệ SI, đơn vị đo cường độ từ trường là Ampe trên mét (A/m)

Như vậy, nếu biết đường kính D và số vòng n của cuộn dây dẫn của điện kế tang, ta có thể xác định được thành phần nằm ngang H_0 của từ trường Trái đất bằng cách đo cường độ dòng điện I chạy qua cuộn dây dẫn và đọc giá trị góc lệch β chỉ bởi kim chỉ thị 4 trên mặt chia độ.

Chú ý: Sau khi lấy lôgarit và thực hiện phép tính vi phân đối với biểu thức (4), ta tìm được biểu thức xác định sai số tương đối của phép đo thành phần nằm ngang H_0 của cường độ từ trường Trái đất.

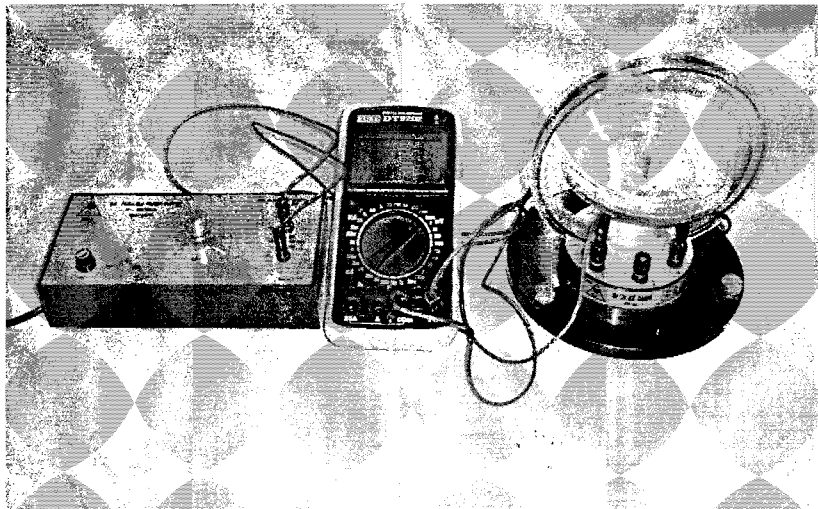
$$\frac{\Delta H_0}{H_0} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta D}{D} + \frac{2\Delta\beta}{\sin 2\beta} \quad (5)$$

Nhận xét thấy số hạng cuối cùng của biểu thức (5) nhỏ nhất khi $\beta = 45^\circ$, nghĩa là phép đo thành phần nằm ngang của cường độ từ trường Trái đất sẽ có sai số nhỏ nhất khi cường độ dòng điện I chạy qua điện kế tang làm kim nam châm của nó lệch một góc $\beta = 45^\circ$

3. Dụng cụ

Bộ thí nghiệm xác định thành phần nằm ngang của từ trường trái đất (hình 4) gồm:

1. Điện kế tang, 2. Đồng hồ đa năng hiện số, 3. Nguồn điện ổn áp một chiều 0 - 6V/100mA, 4. Bộ dây dẫn nối mạch điện (3 dây).



Hình 4: Bộ thí nghiệm xác định thành phần nằm ngang của từ trường trái đất

4. Trình tự thí nghiệm

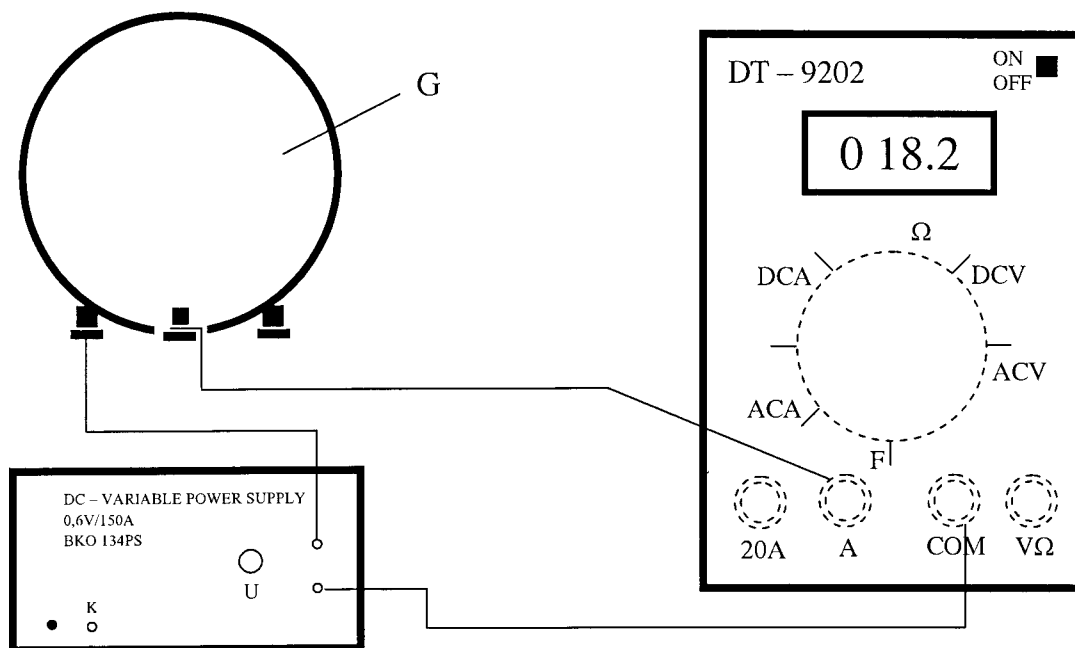
4.1. Mắc mạch điện

- Đồng hồ đo điện đa năng hiện số DT 9202 đặt ở thang đo DCA 200m (tức thang đo dòng điện một chiều 200mA) để đo cường độ dòng điện I chạy qua điện kế tang G. Chốt cắm “A” là cực (+) để đo cường độ dòng điện và chốt cắm “COM” là cực (-) của đồng hồ (hình 5). Vận núm xoay 7 của đồng hồ này để vạch chuẩn của nó nằm đối diện với vị trí 200m DCA. Khi bắt đầu đo, bấm núm “ON” để các chữ số hiển thị trên màn hình của đồng hồ. Khi kết thúc đo, lại ấn nút “OFF” để tắt điện cho đồng hồ.
- Mắc nối tiếp cuộn dây dẫn 1 của điện kế tang G với đồng hồ điện đa năng hiện số, rồi nối chúng với hai cực (+) và (-) của bộ nguồn điện một chiều $U = 0 \div 6V$ theo sơ đồ hình 4.
- Vận núm xoay của bộ nguồn điện U về vị trí 0 (tận cùng bên trái).

4.2. Điều chỉnh vị trí “0” của điện kế tang

Vận các vít 5 dưới mặt chân đế của điện kế tang để điều chỉnh cho mặt chia độ 3 nằm trong mặt phẳng ngang.

Đặt mắt nhìn thẳng từ trên xuống và xoay điện kế tang sao cho kim chỉ thị 4 chỉ đúng vị trí 0° trên mặt chia độ, khi đó kim nam châm 2 nằm trong mặt phẳng thẳng đứng của cuộn dây dẫn 1. Giữ nguyên vị trí này của điện kế tang trong suốt quá trình tiến hành thí nghiệm.



Hình 5

4.3. Đo cường độ dòng điện I chạy qua điện kế tang.

a) Cắm phích lấy điện của bộ nguồn điện BKO - 134PS vào nguồn điện ~220V. Đèn LED phát sáng báo hiệu nguồn điện đã sẵn sàng hoạt động.

b) Bật khoá K trên mặt bộ nguồn ngả về bên phải để nối điện ra hai lỗ cắm của nó. Vận từ từ núm xoay U của bộ nguồn và quan sát cho tới khi đầu kim chỉ thị 4 quay tới đúng vị trí của vạch 45^0 .

Đọc và ghi giá trị của cường độ dòng điện I' trên ampe kế A vào bảng số liệu. Vận núm xoay của bộ nguồn điện một chiều U về vị trí 0.

c) Mắc đảo lại các đầu dây nối tại hai cực (+) và (-) của bộ nguồn điện một chiều U để đổi chiều dòng điện chạy qua điện kế tang. Vận từ từ núm xoay U và quan sát cho tới khi hai đầu của kim chỉ thị 4 quay ngược chiều lúc đầu tới đúng vị trí vạch 45^0 .

Đọc và ghi giá trị của cường độ dòng điện I'' trên ampe kế vào bảng số liệu. Vận núm xoay U về vị trí 0.

Tính giá trị trung bình của cường độ dòng điện chạy qua cuộn dây dẫn 1 của điện kế tang:

$$\bar{I} = \frac{1}{2}(I' + I'') \quad (6)$$

d) Thực hiện phép đo như trên 3 lần.

e) Bấm núm “OFF” của đồng hồ đa năng hiện số để tắt điện cho đồng hồ, bật khoá K của nguồn điện một chiều U ngả về bên trái, và rút phích cắm điện của bộ nguồn điện ra khỏi ổ ~220V.

4.4. Đọc và ghi các số liệu cho trước sau đây vào bảng số liệu

- Đường kính D của cuộn dây dẫn N của điện kế tang.
- Độ chính xác $\Delta\beta$ của thước tròn chia độ trong điện kế tang.
- Độ chính xác của đồng hồ hiện số đo cường độ dòng điện I.

5. Báo cáo thí nghiệm

XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN NẪM NGANG CỦA TỪ TRƯỜNG TRÁI ĐẤT

Lớp

Xác nhận của giáo viên

KípNhóm

Họ tên.....

Mục đích thí nghiệm

.....
.....

Kết quả thí nghiệm

Bảng số liệu

<p>- Điện kế tang G:</p> <p>Đường kính cuộn dây tạo từ trường: $D = (162 \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ (m)}$</p> <p>Độ chính xác của thước tròn chia độ : $\Delta\beta = 1^0$</p> <p>- Đồng hồ đa năng hiện số : $\Delta I = \dots \text{ (A)}$</p> <p>- Số vòng dây $n = \dots$</p>				
	$I_i' \text{ (A)}$	$I_i'' \text{ (A)}$	$I_i \text{ (A)}$	$\Delta I_i \text{ (A)}$
$i = 1$				
...				
3				
Trung bình	\times	\times	$\bar{I} = \dots$	$\overline{\Delta I} = \dots$

Chú ý: $\Delta I = \overline{\Delta I} + \Delta I_{dc}$
 $\Delta\beta$ đổi ra radian.

Sai số tương đối của phép đo cường độ từ trường H_0 .

$$\varepsilon = \frac{\Delta H_0}{H_0} = \frac{\Delta I}{\bar{I}} + \frac{\Delta D}{D} + \frac{2\Delta\beta}{\sin 2\beta} = \dots = \dots$$

Giá trị trung bình của cường độ từ trường H_0 .

Áp dụng công thức (4) khi $\beta = 45^\circ$ để tính giá trị của cường độ từ trường H_0 .

$$\overline{H_0} = \frac{n\bar{I}}{D} = \dots = \dots (A/m)$$

Sai số tuyệt đối của phép đo.

$$\Delta H_0 = \varepsilon \overline{H_0} = \dots = \dots (A/m)$$

Kết quả.

$$H_0 = \overline{H_0} \pm \Delta H_0 = \dots \pm \dots (A/m)$$

6. Câu hỏi kiểm tra

1. Trình bày khái niệm về từ trường của Trái đất. Nêu định nghĩa của mặt phẳng kinh tuyến từ, độ từ khuynh, độ từ thiên và thành phần nằm ngang H_0 của từ trường Trái đất.

2. Nêu rõ cách xác định độ lớn và hướng của vectơ cường độ từ trường tại tâm của vòng dây dẫn có dòng điện chạy qua.

3. Trình bày nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của điện kế tang. Từ đó suy ra biểu thức cho phép xác định thành phần nằm ngang H_0 của từ trường Trái đất bằng điện kế tang.

4. Tại sao phải điều chỉnh để mặt phẳng của cuộn dây dẫn nằm trùng với mặt phẳng kinh tuyến từ ?

5. Tại sao phải thực hiện phép đo giá trị cường độ dòng điện chạy qua cuộn dây dẫn của điện kế tang ứng với trường hợp kim nam châm quay lệch một góc $\beta = 45^\circ$?