

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

- Olympic vật lý quốc tế:	IPhO
- Olympic vật lý Châu Á – Thái Bình Dương:	APhO
- Học sinh giỏi quốc gia:	HSGQG
- Dòng điện một chiều:	DC
- Dòng điện xoay chiều:	AC

PHỤ LỤC

NỘI DUNG, GIẢI PHÁP.....	trang
A. MỤC ĐÍCH, SỰ CẦN THIẾT.....	3
B. PHẠM VI TRIỂN KHAI.....	3
C. NỘI DUNG.....	3
I. TÌNH TRẠNG ĐÃ BIẾT.....	3
II. NỘI DUNG GIẢI PHÁP.....	3
Phần 1. Một số phép đo đại lượng điện từ.....	4
1. Các dụng cụ đo.....	4
2. Đo điện trở.....	4
3. Đo điện dung C của tụ điện.....	6
4. Đo độ tự cảm L của cuộn dây.....	9
5. Đo điện lượng q.....	9
6. Đo cảm ứng từ của một từ trường đều.....	11
Phần 2. Phương án thí nghiệm đo điện từ.....	12
1. Phương pháp sử dụng Vôn kế - Ampe kế.....	12
2. Phương pháp mạch cầu Wheatson.....	19
3. Phương án đo các hằng số điện – từ.....	24
Phần 3. Bài tập tham khảo.....	32
1. Các đề	32
2. Đáp án bài tập.....	39
3. Đề thi IphO năm 2011- Học sinh tham khảo.....	56
Phần 4: kết luận.....	65
1. Thực nghiệm sư phạm.....	65
2. Kết luận	65

PHƯƠNG ÁN THÍ NGHIỆM PHẦN ĐIỆN TỪ TRONG CHUYÊN ĐỀ ÔN THI HỌC SINH GIỎI QUỐC GIA

Tác giả: Lê Xuân Thông
Giáo viên THPT chuyên Lê Quý Đôn

A. MỤC ĐÍCH, SỰ CẦN THIẾT

Vật lý là một môn khoa học thực nghiệm. Từ xưa, sự phát triển của vật lý gắn liền với các thí nghiệm nghiên cứu của Newton, của Galilee, của Faraday... Nhờ đó, hàng loạt các phát minh mới ra đời phục vụ cho cuộc sống của con người. Ngày nay, vật lý hiện đại với các nghiên cứu sâu sắc hơn về thế giới vi mô và vĩ mô, hàng loạt các lý thuyết mới ra đời. Tuy nhiên, lý thuyết mới sẽ chỉ được công nhận khi các hiện tượng mà nó dự đoán được kiểm chứng bằng các thí nghiệm. Qua đó ta thấy được tầm quan trọng của thực nghiệm đối với sự phát triển của vật lý học.

Trong những năm gần đây, thí nghiệm vật lý ngày càng được coi trọng trong các kỳ thi chọn học sinh giỏi. Để hoàn thành được một bài thực hành, trước hết học sinh phải xây dựng được phương án làm thí nghiệm. Ngoài ra, do điều kiện thực hành trong nước còn nhiều khó khăn nên các bài tập phương án thí nghiệm vẫn luôn được coi trọng và chiếm một tỷ lệ lớn trong các đề thi chọn học sinh giỏi quốc gia. Hơn nữa, nguồn tài liệu tham khảo chính thống về các vấn đề phương án thí nghiệm gần như không có. Để đáp ứng yêu cầu về giảng dạy và học tập của các em học sinh lớp chuyên vật lý và ôn thi học sinh giỏi Quốc gia tôi đã lựa chọn xây dựng:

“Phương án thí nghiệm phần: Điện – Từ trong chuyên đề ôn thi học sinh giỏi Quốc gia”

Chuyên đề gồm 3 Phần:

Phần 1: Một số phép đo các đại lượng Điện – Từ.

Phần 2: Phương án thí nghiệm đo Điện – Từ.

Phần 3: Các bài tập tham khảo.

Phần 4: Kết Luận

B. PHẠM VI TRIỂN KHAI THỰC HIỆN

Các lớp chuyên vật lý 11, 12, học sinh trong đội tuyển học sinh giỏi Quốc gia tại trường THPT chuyên Lê Quý Đôn

C. NỘI DUNG

I. TÌNH TRẠNG GIẢI PHÁP ĐÃ BIẾT

Trong Vật lý từ lý thuyết ta có thể tính toán để đưa ra các phương án thực hành, xem phương án nào là tối ưu nhất rồi có thể tiến hành thí nghiệm thực tế. Các phương án thí nghiệm Điện - Từ rất ít, không có tài liệu chính thống. Yêu cầu của đề thi học sinh giỏi Quốc gia là học sinh phải xây dựng được phương án thực hành.

II NỘI DUNG GIẢI PHÁP

PHẦN 1: MỘT SỐ PHÉP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN - TỪ

1. Các dụng cụ đo điện

*** Các dụng cụ đo điện gồm:**

- Vôn kế: Đo hiệu điện thế U .
- Ampe kế: Đo cường độ dòng điện I .
- Đồng hồ vạn năng: Đo hiệu điện thế U , cường độ dòng điện I , điện trở R và tần số dòng xoay chiều f .
- Điện kế: Đo hiệu điện thế U , cường độ dòng điện I có giá trị rất nhỏ.
- Dao động ký điện tử: Đo điện áp U , tần số f , độ lệch pha giữa các điện áp.

*** Những lưu ý khi sử dụng dụng cụ đo điện:**

Đặt dụng cụ đúng chế độ đo:

- Chế độ đo: dòng một chiều (Ký hiệu: $==$, DC); dòng xoay chiều (Ký hiệu $\sim$; AC)
- Đại lượng đo: hiệu điện thế U , cường độ dòng điện I , điện trở R và tần số dòng xoay chiều f .

*** Thang đo:**

- Các giá trị ghi trên vòng xoay của thang đo là giá trị cực đại mà dụng cụ có thể đo được khi đặt ở thang đo này.
- Chọn thang đo có giá trị phù hợp để phép đo có độ chính xác cao nhất. Khi chưa biết khoảng giá trị cần đo thì ta để ở thang đo có giới hạn đo lớn nhất, sau đó điều chỉnh dần đến thang đo phù hợp. Chú ý: Không điều chỉnh thang đo khi dụng cụ đang hoạt động.

*** Mắc dụng cụ đo vào mạch điện:**

- Dụng cụ đo hiệu điện thế và cường độ dòng điện:
 - + Ampe kế mắc nối tiếp với linh kiện cần đo cường độ dòng điện.
 - + Vôn kế mắc song song với dụng cụ cần đo cường độ dòng điện.
 - + Nếu dụng cụ dùng để đo ở chế độ dòng một chiều thì: dòng điện đi vào ở các chốt ghi "A", "mA" hoặc " $V\Omega$ "; dòng điện đi ra ở chốt "COM".
- Dụng cụ dùng đo điện trở: Khi đo thì tách riêng linh kiện và dụng cụ cần đo ra khỏi mạch điện.

- Đối với đồng hồ kim chỉ thị: Trước khi đo cần hiệu chỉnh vạch số "0" của kim chỉ thị.

2. Đo điện trở

* Phương pháp dùng vôn kế và ampe kế

- Sơ đồ mạch điện: Hình 1.1

- Công thức tính điện trở: $R = \frac{U}{I}$

- Nhận xét:

+ **Cách 1:** Dùng khi điện trở cần đo có giá trị nhỏ (cỡ giá trị điện trở của ampe kế).

+ **Cách 2:** Dùng khi điện trở cần đo có giá trị lớn (so với điện trở của ampe kế).

* Phương pháp so sánh

Phương pháp này sử dụng khi ta có sẵn một điện trở đã biết giá trị R_0 .

* **Cách 1:** Hình 1.2

- Dùng hai ampe kế.

- Công thức tính điện trở: $R_x = \frac{I_1}{I_2} \cdot R_0$

* **Cách 2:** Hình 1.3

- Dùng hai vôn kế;

- Công thức tính điện trở: $R_x = \frac{U_2}{U_1} \cdot R_0$

- Nhận xét: Phương pháp này vẫn có sai số do ảnh hưởng điện trở của vôn kế vào ampe kế. Có thể hạn chế ảnh hưởng này bằng cách: dùng hai dụng cụ đo giống nhau, thay điện trở R_0 bằng biến trở có thể đọc được giá trị, sau đó điều chỉnh biến trở đến khi các dụng cụ đo chỉ cùng giá trị.

* Phương pháp cầu Wheatstone

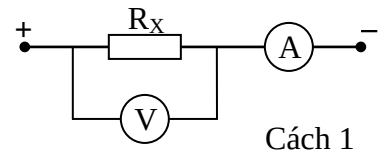
* **Dùng cầu Wheatstone cân bằng:** Hình 1.4

- Điều chỉnh giá trị điện trở R_2 đến khi điện kế G chỉ số 0. Khi đó, điện trở cần đo có giá trị: $R_x = \frac{R_3}{R_1} \cdot R_2$

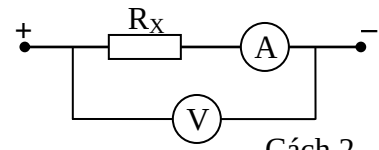
- Để phép đo có độ chính xác cao hơn, ta có thể mắc phối hợp thêm các điện trở để tinh chỉnh giá trị đo: Đọc tham khảo tài liệu "Thực hành vật lý đại cương", trang 136.

- Phương pháp này dùng để đo giá trị của điện trở xác định.

* **Dùng cầu Wheatstone không cân bằng:** Hình 1.5

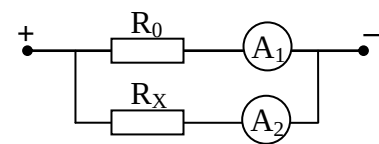


Cách 1

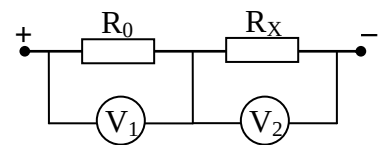


Cách 2

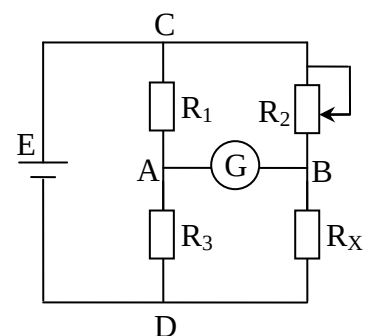
Hình 1.1



Hình 1.2



Hình 1.3



Hình 1.4

- Ban đầu, chọn giá trị các điện trở: $R_1 = R_2 = R_3 = R = R_0$.

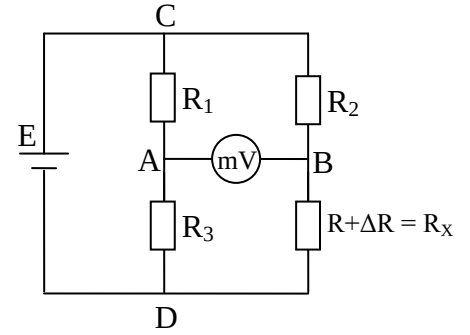
- Khi $R_X = R + \Delta R$ thì:

$$\begin{cases} U_{AD} = \frac{E}{2} \\ U_{BD} = \frac{R_0 + \Delta R}{2R_0 + \Delta R} \cdot E \end{cases}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = U_{AD} - U_{BD} = \frac{E}{2} - \frac{R_0 + \Delta R}{2R_0 + \Delta R} \cdot E$$

$$U_{AB} = \frac{E}{2} \left[1 - \frac{1 + \frac{\Delta R}{R_0}}{1 + \frac{\Delta R}{2R_0}} \right] \approx -\frac{E}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R_0} \quad (\text{vì } \Delta R \ll R_0)$$

$$\Rightarrow U_{BA} = \frac{E}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R_0} \Rightarrow U_{BA} \sim \Delta R$$



Hình 1.5

Nhận xét: Quan sát số chỉ của vôn kế ta sẽ thấy được sự thay đổi của ΔR theo thời gian. Như vậy, dùng cầu Wheatstone không cân bằng ta có thể đo được sự biến đổi của điện trở R theo thời gian.

* Phương pháp cầu dây

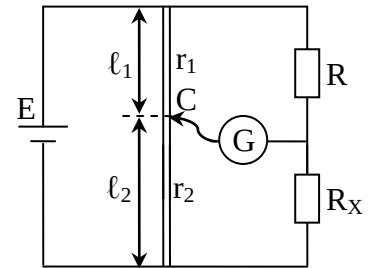
- Sơ đồ mạch điện: Hình 1.6

- Điều chỉnh con chạy C để kim điện kế G chỉ số

0. Khi đó: $R_X = \frac{\ell_2}{\ell_1} \cdot R$

+ Không đổi chỗ cầu dây và các điện trở (vì cầu dây có điện trở nhỏ nên nếu đổi chỗ thì giá trị điện trở r_1 bị thay đổi đáng kể gây sai số cho phép đo).

+ Đối với mạch có điện trở nhỏ nên dùng dây nối ngắn, tiếp xúc nhỏ và đặt cầu dây gần nguồn điện.



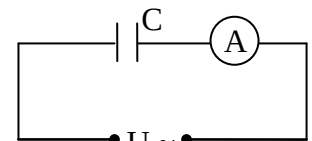
Hình 1.6

3. Đo điện dung C của tụ điện

* Phương pháp dùng vôn kế và ampe kế

- Sơ đồ mạch điện: Hình 1.7

- Công thức: $Z_C = \frac{U}{I} \Rightarrow C = \frac{I}{2\pi f \cdot U}$



Hình 1.7

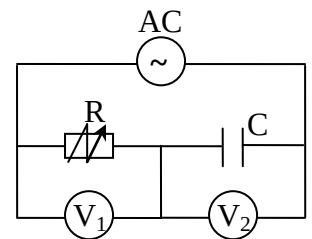
* Phương pháp so sánh

Phương pháp này sử dụng khi ta có một biến trở có thể đọc được giá trị R .

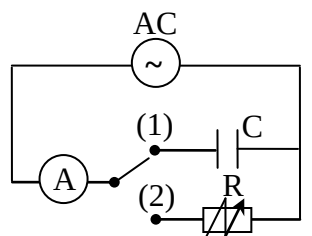
* Cách 1: Hình 1.8

- Điều chỉnh giá trị điện trở R đến khi $U_1 = U_2$.

- Công thức: $\frac{U_1}{R} = \frac{U_2}{Z_C} \Rightarrow C = \frac{U_1}{2\pi f \cdot R \cdot U_2}$



Hình 1.8



Hình 1.9

*** Cách 2: Hình 1.9**

- Khi khóa K ở vị trí (1), đọc số chỉ I_1 của ampe kế.
- Chuyển khóa K sang vị trí (2): Điều chỉnh giá trị điện trở R đến khi $I_1 = I_2$.

- **Công thức:** $R = Z_C \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f \cdot R}$

Chú ý: Hai phương pháp (a), (b) chỉ dùng được với nguồn điện xoay chiều đã biết tần số f.

*** Phương pháp dùng mạch RC**

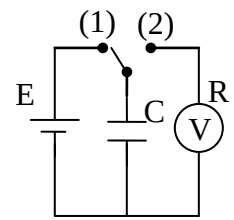
*** Cơ sở lý thuyết:**

- Khi tụ điện phóng điện qua điện trở R, hiệu điện thế của tụ giảm theo thời gian theo quy luật:

$$u = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \Rightarrow \ln u = \ln U_0 - \frac{t}{RC}$$

Đặt $X = t$; $Y = \ln u$, ta có: $Y = aX + b$.

Khi đó: $a = -\frac{1}{RC} \Rightarrow C = -\frac{1}{aR}$



Hình 1.10

*** Phương án đo điện dung C: Hình 1.10.**

- Mắc tụ với nguồn điện: Tụ được tích điện đến hiệu điện thế $U_0 = E$
- Mắc tụ với vôn kế có điện trở R: Tụ phóng điện qua vôn kế, đọc giá trị của vôn kế theo thời gian t.

Chú ý: Để đo được giá trị vôn kế thay đổi theo thời gian thì tích số RC phải đủ lớn. Ví dụ: $C \sim 100 \mu\text{F}$; $R = 1 \text{ M}\Omega$ thì $RC \sim 100 \text{ (s)}$.

*** Phương pháp dùng cầu Wheatstone với các tụ điện**

- Sơ đồ mạch điện: Hình 1.11

*** Mạch cầu cân bằng:**

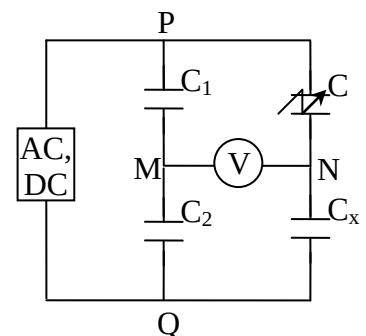
- Điều chỉnh điện dung C đến khi vôn kế chỉ số 0, ta có mạch cầu cân bằng.

- Công thức: $C_x = \frac{C_2}{C_1} \cdot C_3$

*** Mạch cầu không cân bằng:**

- Chọn các tụ điện $C_1 = C_2 = C_3 = C = C_0$
- Khi $C_x = C + \Delta C$ thì:

$$\begin{cases} U_{PN} + U_{NQ} = U \\ \frac{U_{PN}}{U_{NQ}} = \frac{C_0 + \Delta C}{C_0} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_{MQ} = \frac{U}{2} \\ U_{NQ} = \frac{C_0}{2C_0 + \Delta C} U \end{cases}$$



Hình 1.11

$$\Rightarrow U_{MN} = \frac{U}{2} \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\Delta C}{2C_0}} \right) \approx \frac{U}{4C_0} \cdot \Delta C \quad (\text{vì } \Delta C \ll C_0)$$

$$\Rightarrow U_{MN} \approx \frac{U}{4C_0} \cdot \Delta C \Rightarrow U_{MN} \sim \Delta C$$

Nhận xét: Phương pháp này cầu Wheatson không cân bằng dùng để đo sự biến đổi của điện dung.

*** Phương pháp dùng cầu Wheatstone với tụ điện – điện trở**

- Sơ đồ mạch điện: Hình 1.12

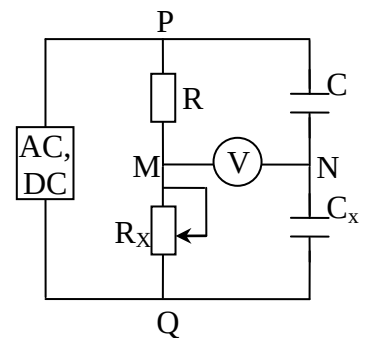
*** Mạch cầu cân bằng:**

- Để có mạch cầu cân bằng, điều chỉnh biến trở R_X đến khi:

+ Nguồn điện một chiều (DC): vôn kế chỉ số 0.

+ Nguồn điện xoay chiều (AC): vôn kế chỉ giá trị nhỏ nhất.

- Công thức: $\frac{Z_{C_X}}{Z_C} = \frac{R_X}{R} \Rightarrow C_X = \frac{R}{R_X} \cdot C$



Hình 1.12

Chú ý: Khi dùng nguồn xoay chiều AC, để dễ quan sát mạch cầu cân bằng khi điều chỉnh biến trở: người ta dùng thiết bị quay pha góc 90° sao cho i_R và i_C cùng pha, khi đó vôn kế chỉ số 0 thì mạch cầu cân bằng.

*** Mạch cầu không cân bằng:**

- Ta có: $R_X = R$, $C_X = C + \Delta C$. Chứng minh tương tự ta có:

$$U_{MN} = \frac{U}{4C} \cdot \Delta C \Rightarrow U_{MN} \sim \Delta C$$

Nhận xét: Phương pháp này cầu Wheatson không cân bằng dùng để đo sự biến đổi của điện dung.

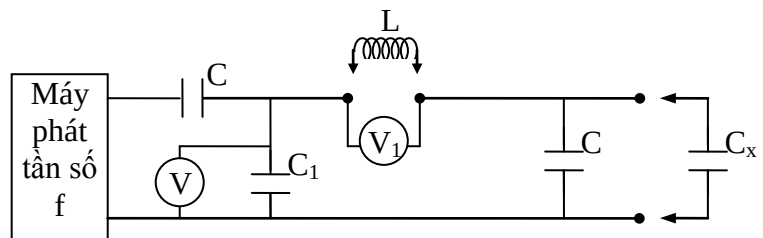
*** Phương pháp dùng thiết bị Q-met**

*** Sơ đồ mạch điện:**

Hình 1.13

+ Máy phát tần số: có nhiều thang đo, có thể thay đổi được tần số.

+ Tụ điện C là một tụ xoay có thể đọc được giá trị.



Hình 1.13

*** Phương pháp đo điện dung:**

- **Bước 1:** Mắc cuộn dây có độ tự cảm L vào mạch: Điều chỉnh tần số f_0 để xảy ra cộng hưởng, khi đó vôn kế V_1 chỉ giá trị cực đại. Ghi lại giá trị điện dung C của tụ.

- **Bước 2:** Mắc tụ điện C_X cần đo giá trị vào máy đo:

+ Nếu $C_X < C$ thì mắc tụ C_X song song với tụ C .

+ Nếu $C_X > C$ thì mắc tụ C_X nối tiếp với tụ C .

- **Bước 3:** Điều chỉnh điện dung C đến khi xảy ra cộng hưởng, ghi lại giá trị điện dung C_1 của tụ.

Khi đó: $C_{1X} = C$, do đó:

+ Tụ C_X song song với tụ C thì: $C = C_1 + C_X \Rightarrow C_X = C - C_1$

+ Tụ C_X nối tiếp với tụ C thì: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_X} \Rightarrow C_X = \frac{C \cdot C_1}{C_1 - C}$

*Phương pháp dùng dao động ký điện tử

- **Cách 1:** Điều chỉnh độ tự cảm L đến khi mạch xảy ra cộng hưởng, khi đó: U_C đạt giá trị cực đại, ta đọc được giá trị của chu kỳ T trên đồ thị, suy ra tần số f . Ta có: $C = \frac{1}{4\pi^2 f \cdot L}$.

- **Cách 2:** Trên dao động ký ta đo được giá trị điện áp của hai linh kiện, nên ta có thể dùng phương pháp so sánh để tính C .

4. Đo độ tự cảm L của cuộn dây

Các phương pháp đo độ tự cảm của cuộn dây tương tự phương pháp đo điện dung C của tụ điện.

5. Đo điện lượng q

* Phương pháp dùng mạch RC

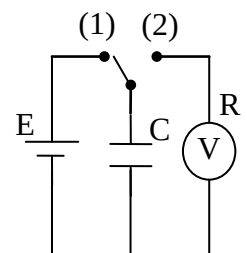
* Cơ sở lý thuyết: Hình 1.14

- Khi tụ điện phóng điện qua điện trở R , hiệu điện thế của tụ giảm theo thời gian theo quy luật:

$$u = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \Rightarrow \ln u = \ln U_0 - \frac{t}{RC}$$

Đặt $X = t$; $Y = \ln u$, ta có: $Y = aX + b$.

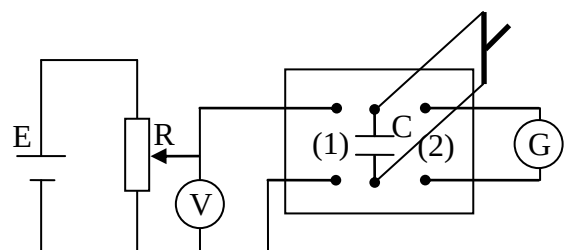
Khi đó: $b = \ln U_0 \Rightarrow U_0 = e^b$



Hình 1.14

* Phương án đo điện tích của tụ điện C :

- Mắc tụ đã được tích điện với vôn kế có điện trở R : Tụ phóng điện qua vôn kế, đọc giá trị của vôn kế theo thời gian t .



Hình 1.16

Chú ý: Để đo được giá trị vôn kế thay đổi theo thời gian thì tích số RC phải đủ lớn.

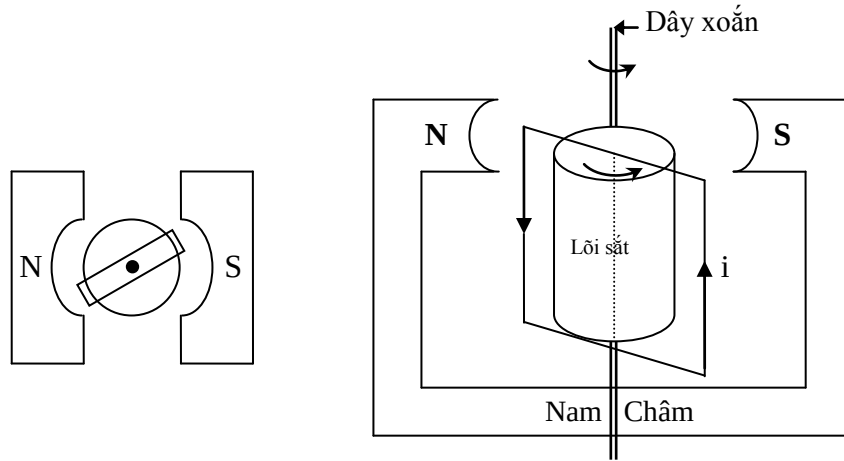
* **Phương pháp dùng điện kế xung kích**

* **Cấu tạo của điện kế khung quay:** Hình 1.15

* **Nguyên tắc hoạt động của điện kế:**

- Khi dòng điện i chạy qua khung dây, lực từ tác dụng làm quay khung dây. Khi đó: $M \cdot dt = I \cdot d\omega \Rightarrow \Delta\omega = \frac{M}{I} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta\omega = \frac{BiS}{I} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta\omega \sim i\Delta t = \Delta q$

Nhận xét: Ban đầu khung dây đứng yên nên: $\omega \sim q$



Hình 1.15

- Về mặt năng lượng:

+ Khung dây nhận được động năng quay: $K = \frac{1}{2} \cdot I\omega^2$

+ Khung dây dao động với biên độ góc θ_0 , do đó dây xoắn dự trữ được thế năng cực đại: $W_t = \frac{1}{2} \cdot K\theta_0^2$

Do đó: $\frac{1}{2} \cdot I\omega^2 = \frac{1}{2} \cdot K\theta_0^2 \Rightarrow \theta_0 \sim \omega$

- Như vậy ta có: $\theta_0 \sim q$ $q = k\theta_0$, với k là hằng số, phụ thuộc vào cấu tạo của điện kế.

* **Để điện kế khung quay được coi là điện kế xung kích:** Thời gian tự phóng điện Δt rất nhỏ chu kỳ quay T của khung quay. Do đó khung quay phải có chu kỳ dao động lớn (nghĩa là, khung quay phải có mômen quán tính lớn, người ta thường gắn thêm đĩa kim loại vào trục quay của khung)

* **Chuẩn điện kế xung kích:**

- Sơ đồ mạch điện: Hình 1.16

+ Cầu dao đảo điện hai bên;

+ Điện kế xung kích G;

+ Tụ điện C đã biết giá trị.

- Phương pháp chuẩn điện kế xung kích: Thay đổi giá trị của biến trở R , với mỗi giá trị đã biết của R :

+ Đóng cầu dao sang vị trí (1) để nạp điện cho tụ C : Đọc số chỉ U của vôn kế, tính $q = CU$.

+ Đảo cầu dao sang vị trí (2) thì tụ phóng điện qua tụ C . Khi đo khung quay của điện kế dao động với biên độ góc θ .

- Xác định hệ số k của điện kế:

+ Vẽ đồ thị q theo θ , ta có: $q = k\theta$;

+ Hệ số góc của đồ thị chính là hệ số k cần xác định.

* Sau khi chuẩn xong điện kế, ta có thể dùng điện kế để đo điện lượng phóng qua điện kế của một tụ điện bất kỳ, bằng cách đo biên độ góc θ , suy ra: $q = k\theta$.

6. Đo cảm ứng từ của một từ trường đều

* **Bài toán:** Khung dây gồm N vòng dây, mỗi vòng dây diện tích S , hai đầu của khung dây được nối với điện kế có điện trở R . Mặt phẳng khung dây được đặt vuông góc với các đường sức từ của một từ trường đều có cảm ứng từ B . Xác định cảm ứng từ B .

* **Xây dựng công thức:**

- Từ thông qua khung dây:

+ Ban đầu: $\Phi_1 = NBS$

+ Sau khi rút khung dây ra khỏi từ trường: $\Phi_2 = 0$

Ta có: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -NBS$

-Theo định luật Faraday:

$$e_c = -\frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow i_c = \frac{e_c}{R} = -\frac{1}{R} \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Rightarrow dq = i \cdot dt = -\frac{d\Phi}{R}$$

$$\Rightarrow q = -\frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{NBS}{R}$$

$$\Rightarrow B = \frac{qR}{NS}$$

Nhận xét: Phép đo cảm ứng từ B không phụ thuộc vào thời gian di chuyển của khung dây.

* **Phương án đo cảm ứng từ:**

- Đặt khung dây sao cho mặt phẳng khung dây vuông góc với các đường cảm ứng từ của từ trường đều, khung dây nằm trong từ trường, hai đầu khung dây nối với điện kế G .

- Rút nhanh khung dây ra khỏi từ trường, đọc giá trị biến độ góc θ_0 của kim điện kế. Từ đó tính được điện tích q đã di chuyển qua khung dây (Xem mục "5. Đo điện lượng").

PHẦN 2: PHƯƠNG ÁN THÍ NGHIỆM ĐO ĐIỆN – TỪ

1. Phương pháp sử dụng Vôn kế - Ampe kế

Ví dụ 1: Xác định suất điện động, điện trở trong của pin

Cho các dụng cụ:

- 01 pin cần đo suất điện động và điện trở trong;
- 02 đồng hồ đo điện vạn năng;
- 01 biến trở;
- các dây nối.

Trình bày cơ sở lý thuyết, sơ đồ thí nghiệm, các bước tiến hành thí nghiệm đo suất điện động và điện trở trong của pin. Lập bảng số liệu, vẽ dạng đồ thị (nếu có).

(Theo Sách giáo khoa Vật lý 11)

Phương án

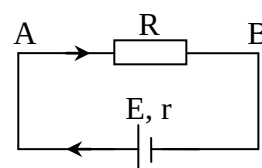
1. Cơ sở lý thuyết

- Xét mạch điện kín như hình 2.1:

$$U_{AB} = E - Ir$$

Đặt $x = I$, $y = U_{AB}$ thì: $y = ax + b$

trong đó: $a = -r$; $b = E$.



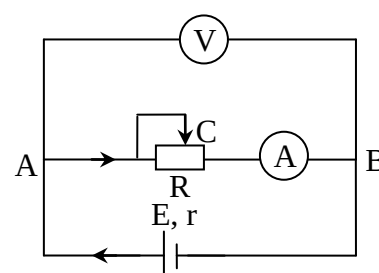
Hình 2.1

2. Thí nghiệm:

a) **Bố trí thí nghiệm:** Mắc sơ đồ mạch điện như hình 2.2.

b) Tiến trình thí nghiệm:

- Di chuyển chon chạy C, với mỗi vị trí của con chạy, đọc số chỉ của vôn kế U_{AB} và của ampe kế I, điền vào bảng số liệu.



Hình 2.2

c) Xử lý số liệu:

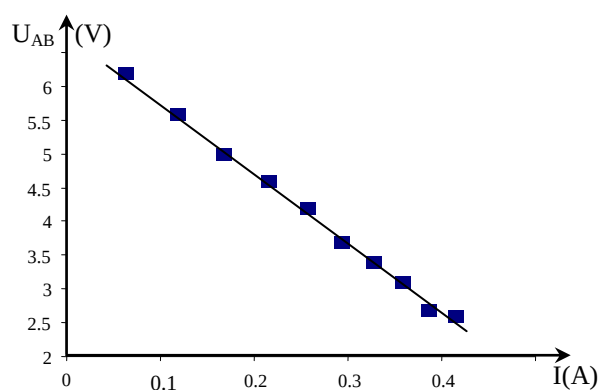
- Bảng số liệu 2.1:

$x = I \text{ (A)}$	...	...	...	...
$y = U_{AB} \text{ (V)}$	...	...	...	...

- Đồ thị: $y = ax + b$

Từ đồ thị: (Hình 2.3)

+ Ngoại suy: $b = E$;



Hình 2.3

+ Độ dốc: $a = \tan \alpha = -r$.

Ví dụ 2: Xác định điện trở suất của ruột bút chì

Cho các dụng cụ:

- 01 ruột bút chì bằng graphit được tách khỏi vỏ gỗ;
- 01 thước đo chiều dài, chia đến milimet;
- các dây dẫn điện bằng đồng đã được loại bỏ lớp cách điện ở hai đầu;
- 01 pin có ghi 1,5V đặt trong hộp có các chốt để nối dây điện ra ngoài;
- 02 đồng hồ đo điện đa năng;
- một đoạn chỉ khâu mảnh, không giãn;
- giấy kẻ ô milimet.

Trình bày cơ sở lý thuyết, cách bố trí thí nghiệm, tiến trình thí nghiệm, lập các bảng biểu cần thiết để xác định điện trở suất của ruột bút chì. Nêu các nguyên nhân dẫn đến sai số, ước lượng độ lớn của sai số.

Phương án

1. Cơ sở lý thuyết:

- Xét sơ đồ mạch điện như hình 2.4.
- Điện trở của một đoạn ruột bút chì có tiết

diện S , chiều dài ℓ là: $R = \rho \cdot \frac{\ell}{S}$

Theo định luật Ohm: $R = \frac{U}{I}$.

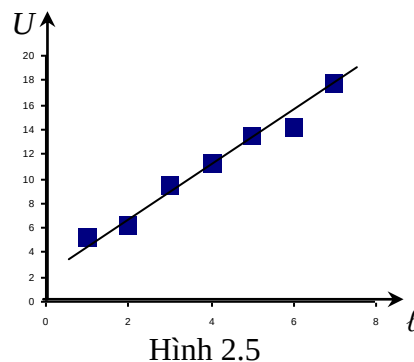
Do đó: $U = \rho \cdot \frac{I}{S} \cdot \ell$

Nhận xét: Khi di chuyển điểm tiếp xúc (2), (3) thì điện trở tương đương của mạch gần như không đổi, do đó cường độ dòng điện I trong mạch kín hầu như không đổi. Do đó, khi chiều dài ℓ thay đổi thì hiệu điện thế U giữa trên đoạn (2) – (3) cũng thay đổi tuyến tính theo chiều dài. Như vậy ta đã khử được ảnh hưởng của điện trở tiếp xúc tại điểm (1), (4); còn điện trở tiếp xúc tại các điểm (2), (3) làm tăng điện trở của vôn kế giúp giảm sai số của phép đo hiệu điện thế.

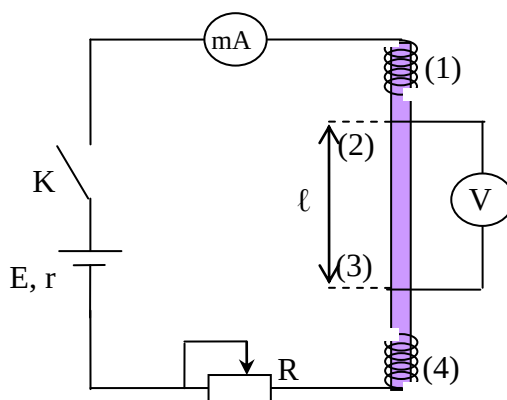
- Đặt: $x = \ell$; $y = U$, ta có: $y = ax$,

trong đó: $a = \rho \cdot \frac{I}{S} \Rightarrow \rho = \frac{a \cdot S}{I}$

2. Thí nghiệm:



Hình 2.5



Hình 2.4

a) Tiến trình thí nghiệm:

- **Bước 1:** Đo tiết diện của ruột bút chì

+ Dùng đoạn dây chỉ quấn quanh ruột bút chì 20 vòng khít nhau, đo chiều dài L của đoạn dây đã quấn.

+ Lặp lại thao tác trên nhiều lần, điền kết quả đo vào bảng số liệu.

Bảng số liệu 2.2:

Lần đo	...	...	...	...
L (mm)	...	...	...	...

- **Bước 2:**

+ Bố trí thí nghiệm: Mắc mạch điện theo sơ đồ hình 2.4.

+ Di chuyển điểm tiếp xúc (3).

+ Với mỗi vị trí của (3), đo chiều dài ℓ giữa hai điểm (2)-(3) và đọc số chỉ U tương ứng của vôn kế.

(Chú ý điều chỉnh biến trở để số chỉ của ampe kế không thay đổi trong quá trình thí nghiệm)

Bảng số liệu 2.3: Với $I = \dots$

$x = \ell$ (m)	...	...	...	...
$y = U$ (V)	...	...	...	...

b) Xử lý số liệu:

- Từ bảng số liệu 2.2, ta có: Đường kính và tiết diện của ruột bút chì tính

theo công thức $d = \frac{L}{20\pi} \Rightarrow S = \frac{\pi d^2}{4}$

- Từ bảng số liệu 2.3, ta có đồ thị như hình 2.5.

Từ đồ thị:

Độ dốc: $a = \tan \alpha$.

- Kết quả đo: Điện trở suất của ruột bút chì là: $\rho = \frac{a \cdot S}{I}$

Ví dụ 3: Xác định tỷ số $K = \frac{P_{bx}}{P_n}$ của đèn dây tóc.

Một bóng đèn dây tóc bằng vonfram đang sáng. Công suất điện tỏa ra trên đèn, một phần phát ra ngoài dưới dạng bức xạ (xem dây tóc như một vật đen tuyệt đối) gọi là công suất bức xạ nhiệt P_{bx} , một phần truyền ra môi trường xung quanh bằng dẫn nhiệt gọi là công suất truyền nhiệt P_n .

Biết một vật đen tuyệt đối có nhiệt độ T sẽ bức xạ nhiệt ra môi trường xung quanh có nhiệt độ T_0 với công suất (cường độ) $P_{bx} = \sigma \cdot (T^4 - T_0^4)$, trong đó $\sigma = 5,6687 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ là hằng số Stefan-Boltzmann. Vật có nhiệt độ T có

công suất truyền nhiệt ra môi trường xung quanh $P_n = A(T - T_0)$, trong đó A là hệ số truyền nhiệt phụ thuộc vào diện tích và bản chất của bề mặt, T_0 là nhiệt độ môi trường xung quanh. Vonfram có hệ số nhiệt điện trở $\alpha = \frac{1}{273} (K^{-1})$.

Cho các dụng cụ thí nghiệm:

- 01 bóng đèn, dây tóc bằng Vonfram với các thông số danh định là 12V-50W;
- 02 đồng hồ đo điện đa năng;
- 01 bộ nguồn một chiều 12V;
- 01 biến trở;
- các dây nối.

Chú ý: Chỉ cần đặt hiệu điện thế $U \geq 9V$, đèn đã rất sáng và nhiệt độ của dây tóc $T(K) \gg T_0$, với T_0 là nhiệt độ phòng.

Trình bày cơ sở lý thuyết, sơ đồ thí nghiệm, tiến trình thí nghiệm xác định tỷ số $K = \frac{P_{bx}}{P_n}$ của đèn dây tóc khi hoạt động ở chế độ danh định. Lập các bảng biểu cần thiết, vẽ dạng đồ thị (nếu có).

Phương án

1. Cơ sở lý thuyết

- Điện trở của đèn theo nhiệt độ:

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Do: $\alpha = \frac{1}{273} \Leftrightarrow \alpha T_0 \approx 1$, nên ta có: $R = R_0 \alpha T$ (1)

- Khi đèn hoạt động ở chế độ danh định:

$$\begin{cases} P_{bx} = \sigma S(T^4 - T_0^4) \\ P_n = A(T - T_0) \end{cases}, \text{ mà } T \gg T_0 \text{ nên ta có: } \begin{cases} P_{bx} = \sigma S T^4 \\ P_n = AT \end{cases}$$

Công suất tiêu thụ của bóng đèn:

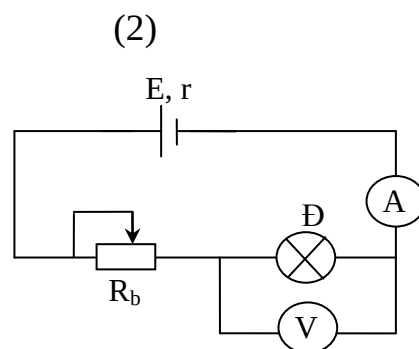
$$P = UI = P_{bx} + P_n = \sigma S T^4 + AT$$

- Thay (1) vào (2) ta được:

$$UI = \sigma S \cdot \left(\frac{R}{\alpha R_0} \right)^4 + A \cdot \frac{R}{\alpha R_0}$$

Lại có: $R = \frac{U}{I}$ ta được:

$$UI = \frac{\alpha S}{\alpha^4 R_0^4} \cdot \left(\frac{U}{I} \right)^4 + \frac{A}{\alpha R_p} \cdot \frac{U}{I}$$



Hình 2.6

$$I^2 = \frac{A}{\alpha R_p} + \frac{\alpha S}{\alpha^4 R_0^4} \cdot \left(\frac{U}{I}\right)^3 \quad (3)$$

Đặt: $x = \left(\frac{U}{I}\right)^3$; $y = I^2$ ta được: $y = ax + b$

$$\text{Trong đó: } b = \frac{A}{\alpha R_p}; a = \frac{\alpha S}{\alpha^4 R_0^4} \quad (4)$$

$$\text{- Tỷ số: } K = \frac{P_{bx}}{P_n} = \frac{\sigma S}{A} \cdot T^3 = \frac{\sigma S}{A} \cdot \left(\frac{R}{\alpha R_0}\right)^3 = \frac{\sigma S}{A \alpha^3 R_p^3} \cdot \left(\frac{U}{I}\right)^3 \quad (5)$$

Thay (4) vào (5) ta được: $K = \frac{a}{b} \cdot \left(\frac{U}{I}\right)^3$ phụ thuộc vào U .

2. Thí nghiệm:

a) Bố trí thí nghiệm: Mắc sơ đồ mạch điện như Hình 2.6.

b) Tiến hành thí nghiệm:

- Thay đổi giá trị của biến trở. Với mỗi giá trị của biến trở, đọc số chỉ U của vôn kế, I của ampe kế ghi vào bảng số liệu

c) Xử lý số liệu:

- Bảng số liệu 2.4:

U (V)	I (A)	$x = \left(\frac{U}{I}\right)^3$	$y = I^2$
...	...	...	...
...	...	...	...

- Đồ thị: Hình 2.7.

+ Độ dốc: $a = \tan \alpha$;

+ Ngoại suy: b

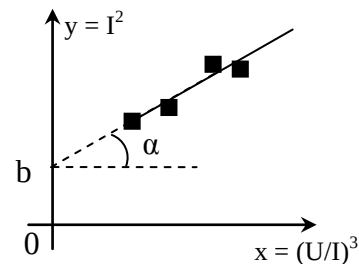
- Tại chế độ danh định:

$$\begin{cases} P = 50W \\ U = 12V \end{cases} \Rightarrow I = \frac{P}{U}$$

$$\text{Kết quả đo: } K = \frac{a}{b} \cdot \left(\frac{U}{I}\right)^3$$

Ví dụ 4: Xác định độ rộng vùng cấm của chất bán dẫn bằng phương pháp đo hệ số nhiệt điện trở

Điện trở của dây nhiệt điện trở kim loại phụ thuộc vào nhiệt độ theo công thức: $R = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$, với các hệ số α , β biết trước, t là nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$); R_0 là điện trở dây ở nhiệt độ 0°C . Điện trở mẫu bán dẫn phụ thuộc vào nhiệt độ theo



Hình 2.7

công thức $R_m = R_{0m} \exp\left(\frac{\Delta E_g}{2k_B T}\right)$, với $k_B = 1,38.10^{-23}$ J/K; T là nhiệt độ mẫu; ΔE_g là độ rộng vùng cấm; R_{0m} là hệ số phụ thuộc vào từng mẫu bán dẫn.

Cho các dụng cụ:

- Lò nung mẫu quán bằng dây nhiệt điện trở kim loại;
- Mẫu bán dẫn được chế tạo dạng điện trở;
- 02 ampe kế có nhiều thang đo;
- 02 vôn kế có nhiều thang đo ;
- Nhiệt kế chỉ dùng để đo nhiệt độ phòng;
- 02 biến trở;
- Nguồn điện 220V;
- Nguồn một chiều 50V.

Coi nhiệt độ của lò nung bằng nhiệt độ của sợi đốt.

Trình bày cơ sở lý thuyết, sơ đồ thí nghiệm, tiến trình thí nghiệm để xác định độ rộng vùng cấm của mẫu bán dẫn. Lập các bảng biểu, vẽ dạng đồ thị (nếu có).

(Trích đề thi chọn HSGQG năm 2009)

Phương án

1. Cơ sở lý thuyết:

* **Xác định điện trở R_0 của dây đốt lò nung:**

$$R_p = \frac{U}{I} = R_0(1 + \alpha t_p + \beta t_p^2) \Rightarrow R_0 = \frac{R_p}{1 + \alpha t_p + \beta t_p^2} \quad (1)$$

* **Xác định nhiệt độ của lò nung:**

$$\text{- Ta có: } R = \frac{U}{I} = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$$

$$\Rightarrow \beta t^2 + \alpha t + 1 - \frac{R}{R_0} = 0$$

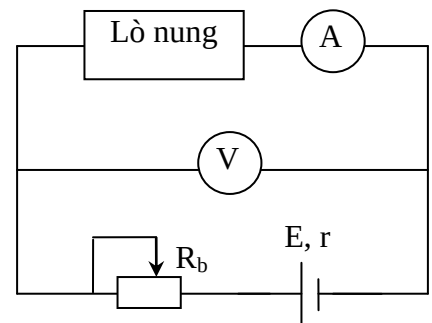
$$\Rightarrow t = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 4\beta\left(1 - \frac{R}{R_0}\right)}}{2\beta}$$

- Nhiệt độ của lò:

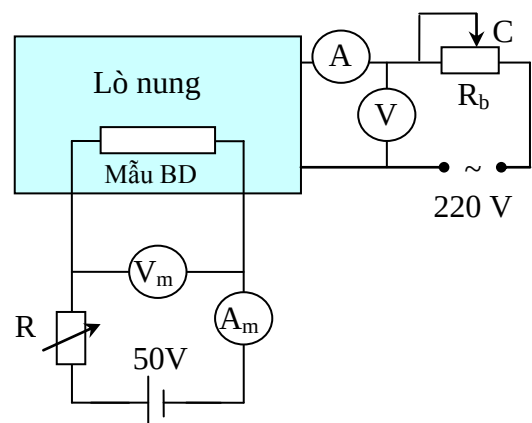
$$T = 273 + \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 4\beta\left(1 - \frac{R}{R_0}\right)}}{2\beta} \quad (2)$$

trong đó: $R = \frac{U}{I}$.

* **Xác định độ rộng vùng cấm:**



Hình 2.8



Hình 2.9

- Ta có: $R_m = R_{0m} \exp\left(\frac{\Delta E_g}{2k_B T}\right)$

$\Rightarrow \ln R_m = \ln R_{0m} + \frac{\Delta E_g}{2k_B} \cdot \frac{1}{T}$, với $R_m = \frac{U_m}{I_m}$.

- Đặt: $y = \ln R_m = \ln \frac{U_m}{I_m}$; $x = \frac{1}{T}$, ta có:

$y = ax + b$,

trong đó: $a = \frac{\Delta E_g}{2k_B} \Rightarrow \Delta E_g = 2a \cdot k_B$ (3)

2. Thí nghiệm:

a) Tiến trình thí nghiệm:

- **Bước 1:** Mắc sơ đồ mạch điện như Hình 2.8.

- **Bước 2:** Thay đổi giá trị của biến trở để cường độ dòng điện qua lò rất nhỏ, ứng với mỗi giá trị của biến trở đọc số chỉ U, I của vôn kế và ampe kế điện vào bảng 2.5.

- **Bước 3:** Mắc sơ đồ mạch điện như Hình 2.9.

- **Bước 4:** Thay đổi giá trị của biến trở R_b để thay đổi nhiệt độ của lò. Ứng với mỗi giá trị của biến trở:

+ Đọc số chỉ U, I của ampe kế và vôn kế.

+ Khi nhiệt độ của mẫu đạt giá trị ổn định, đọc số chỉ U_m , I_m của ampe kế A_m và vôn kế V_m .

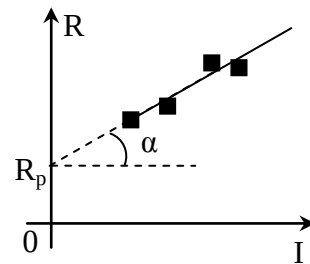
Điền số liệu vào bảng 2.6.

b) Xử lý số liệu:

* Xác định điện trở R_0 của dây đốt lò nung:

- Bảng số liệu 2.5:

U (V)	I (A)	$R = \frac{U}{I}$
...	...	...
...	...	...



Hình 2.10

- Đồ thị: $R(I)$ như Hình 2.10.

+ Ngoại suy: Khi $I = 0$ thì $R = R_p$.

* **Xác định độ rộng vùng cấm ΔE_g :**

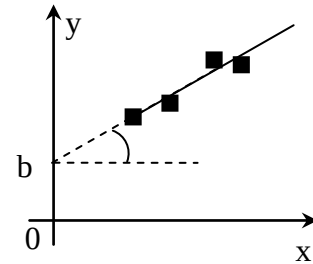
- Bảng số liệu 2.6:

Lò nung				Mẫu bán dẫn			Đồ thị	
U	I	$R (\Omega) =$	T	U_m	I_m	$R_m (\Omega) =$	x =	y =

(V)	(A)	U/I	(K)	(V)	(A)	U_m/I_m	1/T	$\ln R_m$

- Đồ thị: Hình 2.11.

+ Độ dốc: $a = \tan \alpha \Rightarrow \Delta E_g = 2a \cdot k_B$.



Hình 2.11

2. Phương pháp mạch cầu Wheatsone

Ví dụ 5: Thiết kế nhiệt kế điện trở

Trong khoảng nhiệt độ từ 0°C đến 100°C , điện trở của một cuộn dây bạch kim thay đổi theo nhiệt độ theo quy luật: $R = R_0(1 + a.t)$, trong đó: t là nhiệt độ bách phân ($^\circ\text{C}$); $R_0 = 100\Omega$; $a = 41.10^{-4} (^\circ\text{C})^{-1}$

Người ta muốn dùng điện trở ấy để làm một nhiệt kế điện trở đo nhiệt độ từ 20°C đến 40°C với các yêu cầu sau:

- Nhiệt độ chỉ thị bằng một microampe kế, thang đo từ 0 đến $10 \mu\text{A}$.
- Thang đo nhiệt độ được chia độ đều.
- Vị trí đầu thang (khi dòng điện qua điện kế bằng 0) là 20°C .
- Vị trí cuối thang (dòng điện qua điện kế là $10 \mu\text{A}$) ứng với 40°C .
- Nguồn điện dùng là 3 pin, mỗi pin có suất điện động là $1,5\text{V}$.

Hãy:

- Đề xuất phương án chế tạo nhiệt kế ấy.
- Viết biểu thức của dòng điện qua microampe kế theo nhiệt độ.
- Vẽ sơ đồ và ước tính giá trị của các linh kiện đã dùng.

(Trích đề thi chọn HSGQG năm 2001, ngày thi thứ nhất)

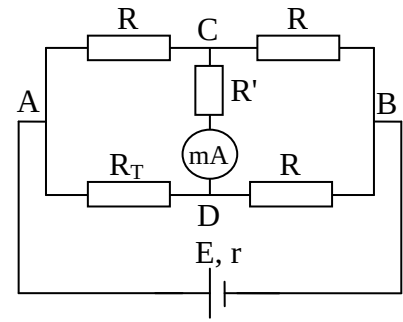
Phương án

1. Cơ sở lý thuyết: Hình 2.12

- Khi $t = 20^\circ\text{C}$ thì $R_T = R \Rightarrow$ Mạch cầu cân bằng.
- Khi $t > 20^\circ\text{C}$ thì $R_T = R + \Delta R > R \Rightarrow$ Mạch cầu không cân bằng.

Ta có:

$$\begin{aligned}
U_{CD} &= U_{AC} - U_{AD} = E \cdot \frac{R + \Delta R}{2R + \Delta R} - \frac{E}{2} \\
&= \frac{E}{2} \cdot \left(2 \cdot \frac{R + \Delta R}{2R + \Delta R} - 1 \right) = \frac{E}{2} \cdot \left(\frac{1 + \frac{\Delta R}{R}}{1 + \frac{\Delta R}{2R}} - 1 \right) \\
&\approx \frac{E}{2} \left[\left(1 + \frac{\Delta R}{R} \right) \left(1 - \frac{\Delta R}{2R} \right) - 1 \right] = \frac{E}{2} \left[\frac{\Delta R}{2R} - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta R}{R} \right)^2 \right] \\
\Rightarrow U_{CD} &\approx E \cdot \frac{\Delta R}{4R}
\end{aligned}$$



Hình 2.12

Vậy số chỉ của ampe kế:

$$I = \frac{U_{CD}}{R'} \approx \frac{E}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R \cdot R'} \quad \text{mà } \Delta R = a \cdot R_0 \cdot \Delta t \quad \text{Suy ra: } I \approx \frac{E}{4} \cdot \frac{a \cdot R_0 (t - 20)}{R \cdot R'}$$

Nhận xét: $I \sim (t - 20)$

*** Ước tính giá trị của các linh kiện đã dùng:**

- + Nguồn điện: $E = 3e = 4,5 \text{ V}$;
- + Điện trở $R = 100 \Omega$;
- + Dây bạch kim: $R_0 = 100 \Omega$; $a = 41 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Khi $t_1 = 20^\circ\text{C}$ thì $I_1 = 0 \text{ A}$;

Khi $t_2 = 40^\circ\text{C}$ thì $I_2 = 10 \mu\text{A}$; Do đó: $R' = \frac{E \cdot a \cdot R_0 (t_2 - 20)}{4R \cdot I_2} = 9225 (\Omega)$

2. Phương án chế tạo:

- Sơ đồ mạch điện như hình 2.12.
- Một số nguyên nhân sai số:
 - + Nguồn điện có thể có điện trở;
 - + Ampe kế có điện trở;
 - + Các điện trở $R \approx 100 \Omega$.

Chú ý: Nên chuẩn lại dụng cụ trước khi sử dụng.

Ví dụ 6: Đo hằng số điện môi ϵ của một chất lỏng hoàn toàn cách điện

Một máy đo chỉ thị trực tiếp hằng số điện môi ϵ của chất lỏng cách điện được minh họa bằng hình 2.13 dưới đây. Máy gồm hai khối:

- Máy đo hoạt động ở tần số 1MHz. Trên mặt máy đo có các chi tiết sau:
 - + Nút tắt, bật máy “ON - OFF”.

+ Nút “V” cho phép thay đổi hiệu điện thế của máy phát cao tần trong máy đo.

- + Nút “O” cho phép chỉnh số 0 của đồng hồ chỉ thị.

+ Đồng hồ chỉ thị kim, mặt chia độ đều, ghi số từ 0 đến 20. Số chỉ trên đồng hồ là số đo của hằng số điện môi ϵ .

+ Hai chốt A, B để nối vào hộp đựng mẫu đo (nối trực tiếp, không dùng dây dẫn).

- Hộp đựng mẫu đo là một hộp nhựa có hai điện cực phẳng song song đặt gần nhau, các cực nối vào đầu cắm A và B.

Thao tác đo hằng số điện môi gồm 3 bước:

Bước 1: Bật máy, dùng nút “O” chỉnh cho kim đồng hồ chỉ số 0.

Bước 2: Nối hộp đựng mẫu đo vào máy, dùng nút “V” chỉnh cho kim chỉ số 1.

Bước 3: Đổ đầy chất lỏng vào hộp đựng mẫu đo, đọc trực tiếp giá trị ϵ trên đồng hồ đo.

a) Hãy trình bày và giải thích phương án thí nghiệm dựa trên đó người ta chế tạo máy này.

b) Vẽ sơ đồ nguyên lý của máy đo và giải thích ý nghĩa của ba bước phải thực hiện khi tiến hành đo hằng số điện môi.

Gợi ý: Máy đo sử dụng nguồn điện xoay chiều. Trong máy đo có sử dụng các dụng cụ sau:

* **Phương án 1:** 01 biến trở; 4 tụ điện có điện dung C_d rất lớn so với điện dung C_0 của tụ phẳng trong hộp đựng mẫu; 01 điện kế; các dây nối...

* **Phương án 2:** 01 biến trở; 02 điện trở có giá trị R , 01 biến trở R_x ; 01 tụ mẫu có giá trị C ; 01 vôn kế; 01 thiết bị quay pha; các dây nối...

(Trích đề thi chọn chọn đội tuyển dự thi APhO năm 2005, ngày thi thứ hai)

Phương án

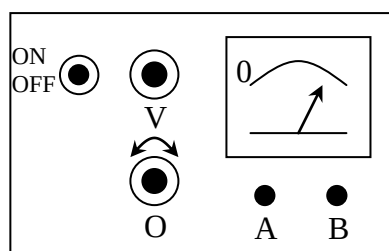
1. Đo hằng số điện môi dựa trên nguyên tắc đo điện dung. Lấy một tụ điện có điện môi là không khí, đo điện dung C_0 của nó. Đổ đầy điện môi vào tụ, đo lại điện dung C_1 của nó. Hằng số điện môi là $\epsilon = \frac{C_1}{C_0}$.

Điện dung có thể đo bằng tần số cộng hưởng của mạch LC, bằng mạch cầu...

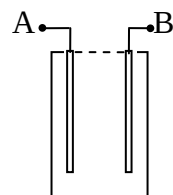
a) Máy đo ϵ này cũng dựa trên phép đo điện dung.

- Khi hộp đựng mẫu chứa không khí, điện dung là C_0 , đồng hồ chỉ số 1.
- Khi hộp đựng mẫu chứa điện môi có hằng số điện môi ϵ điện dung là C_1 , đồng hồ chỉ ϵ . Dòng điện đi qua đồng hồ cần tỷ lệ với C , do vậy người ta dùng cầu không cân bằng như hình 1.

b) Sơ đồ hệ đo: Hình 2.14



Máy đo



Hộp đựng mẫu đo

Hình 2.13

Trong sơ đồ:

- Các tụ $C_{d1}, C_{d2}, C_{d3}, C_{d4} \gg C_0, C_1$.
- Do C_{d4} nối với A, B nên có điện dung ký sinh. Nên tụ C_3 dùng để tinh chỉnh (núm "O")
- Biến trở R dùng để điều chỉnh điện áp đặt vào mạch cầu, để điều chỉnh số chỉ của điện kế G (Núm "V" chỉnh cho điện kế G chỉ số 1).

c) Xây dựng công thức:

Gọi U_0 là hiệu điện thế đặt vào bộ tụ.

Ta có:

$$U_{PQ} = \frac{U_0}{2}$$

$$\begin{cases} U_{PA} + U_{AB} = U_0 \\ \frac{U_{PA}}{U_{AB}} = \frac{C'_d}{C'_d + C_x} \end{cases} \Rightarrow U_{PA} = \frac{U_0}{2 + \frac{C_x}{C'_d}} \approx \frac{U_0}{2} \cdot \left(1 - \frac{C_x}{2C'_d}\right)$$

$$\Rightarrow U_{AQ} = U_{PQ} - U_{PA} = \frac{U_0}{4} \cdot \frac{C_x}{C'_d} \propto C_x$$

Vậy: số chỉ của điện kế G tỷ lệ thuận với điện dung C_x cần đo.

d) Ý nghĩa các thao tác:

- **Bước 1:** Chỉnh cầu cân bằng trước khi nối hộp đựng mẫu vào máy đo.
- **Bước 2:** Lắp hộp đựng mẫu vào mạch, khi đó: $C_x = C_0$. Điều chỉnh núm "V" sao cho điện kế G chỉ số 1, nghĩa là $I_0 = 1A$.
- **Bước 3:** Đổ chất lỏng vào hộp đựng mẫu, khi đó: $C_x = \epsilon \cdot C_0$. Lúc này dòng điện chỉ giá trị $I = \epsilon \cdot I_0 = \epsilon$. Nghĩa là điện kế chỉ giá trị điện môi của mẫu.

Ví dụ 7: Đo gia tốc của vật chuyển động sử dụng cơ cấu biến đổi điện dung

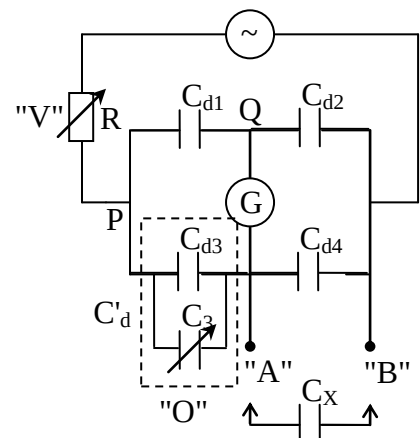
Để đo gia tốc của một ô tô chuyển động trên đường nằm ngang, người ta có thể dùng một cơ cấu biến đổi điện dung kết hợp với một số điện trở và dụng cụ đo khác.

Cho các dụng cụ, linh kiện và thiết bị sau:

- Bộ cơ cấu biến đổi điện dung;
- Hai điện trở R_1, R_2 giống nhau;
- Nguồn điện một chiều;
- 01 dao động ký điện tử;
- Các dây nối và các dụng cụ để lắp đặt.

Hãy:

1. Vẽ sơ đồ xây dựng hệ đo gia tốc của một ô tô chuyển động thẳng trên đường nằm ngang. Giải thích cách đo.



Hình 2.14

2. Xây dựng biểu thức tính gia tốc của ô tô theo giá trị điện áp U đọc trên dao động ký. Biện luận về giới hạn đo của hệ đo.

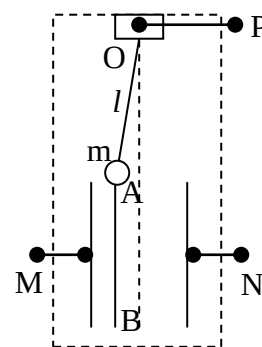
Mô tả cơ cấu biến đổi điện dung:

Cơ cấu biến đổi điện dung là một hệ thống đặt trong hộp chân không (Hình 2.15) bao gồm:

- Một tụ điện phẳng điện dung C biết trước, hai đầu M , N được đưa ra ngoài hộp.

- Một con lắc: dây treo bằng kim loại dài l xuyên qua một quả cầu khối lượng m . Một tấm kim loại AB có điện tích S (bằng điện tích bản tụ) luôn luôn song song với các bản tụ và được liên kết trực tiếp với dây treo của con lắc. Khối lượng của tấm AB rất nhỏ so với khối lượng m của con lắc.

- Con lắc được treo tại điểm O và được nối với một dây dẫn điện, đưa ra ngoài hộp tại P .



Hình 2.15

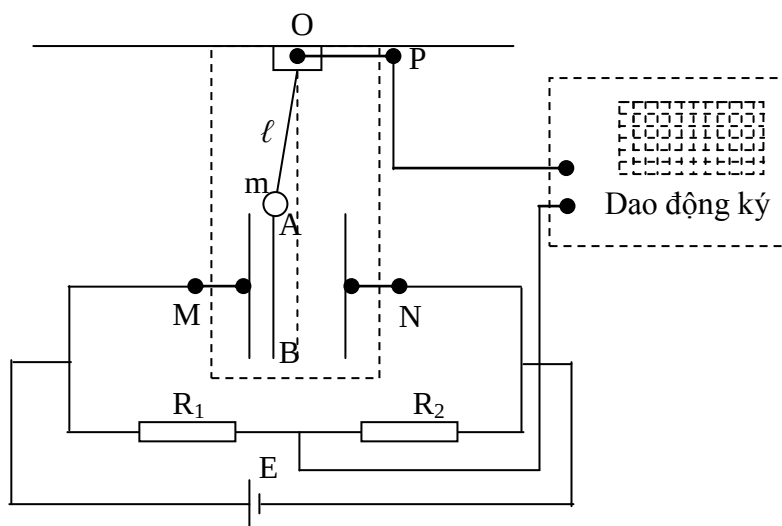
Toàn hộp được treo trên trần của ô tô.

(Trích đề thi chọn đội tuyển dự thi IPhO năm 2008, ngày thi thứ hai)

Phương án

1. Sơ đồ hệ đo như hình 2.16.

Khi ô tô chuyển động với gia tốc a sang phải, con lắc lệch sang trái do lực quán tính. Tấm AB được nối với dây treo kim loại, tách tụ C thành hai tụ C_1 và C_2 nối tiếp. Các tụ C_1 , C_2 , R_1 , R_2 hình thành cầu Winston



Hình 2.16

Khi ô tô chuyển động có gia tốc, cầu mất cân bằng làm xuất hiện điện áp U trên dao động kí

2. Xây dựng công thức tính a :

Coi góc lệch là nhỏ, tấm AB lệch khỏi vị trí cân bằng một khoảng

$$\Delta x = l \cdot \sin \alpha \sim l \alpha \quad (1)$$

Lực quán tính tác dụng lên con lắc

$$F_{qt} = ma = mg \cdot \tan \alpha = mg \cdot \alpha \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có:

$$a = g \frac{\Delta x}{\ell} \Rightarrow \Delta x = \frac{a\ell}{g} \quad (3)$$

Mặt khác ta có

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1} ; C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2}$$

$$d_1 + d_2 = d ;$$

$$d_1 = \frac{d}{2} - \Delta x ; d_2 = \frac{d}{2} + \Delta x ;$$

$$U_{R2} = \frac{E}{2}$$

Mặt khác:

$$E = U_{c1} + U_{c2} = \frac{C_2 U_{c2}}{C_{c1}} + U_{c2} = \left(\frac{d_1}{d_2} + 1 \right) U_{c2}$$

$$\text{Suy ra } U_{c2} = \frac{E d_2}{d_1 + d_2} = \frac{E d_2}{d}$$

Hiệu điện thế đọc trên dao động ký:

$$U = U_{c2} - U_{R2} = \frac{E d_2}{d} - \frac{E}{2} = \frac{E}{d} \left(\frac{2d_2 - d}{2} \right) = \frac{E \Delta x}{d} = E \cdot \frac{C}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{\ell a}{g}$$

$$\text{vậy } a = U \frac{g \epsilon_0 S}{C E \ell}$$

3. Giới hạn đo của hệ:

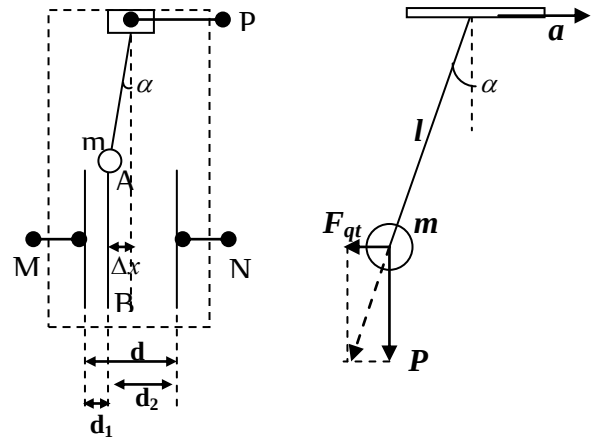
Thang đo là tuyến tính khi góc lệch nhỏ để $\tan \alpha \approx \sin \alpha$. Với $\alpha \leq 10^\circ$ thì giới hạn đo $a < 0,17g$. Hệ đo gặp sai số lớn khi đo cho các vật chuyển động với gia tốc biến thiên, đặc biệt là các dao động tuần hoàn và các dao động điều hoà.

3. Phương án đo các hằng số điện – từ

Ví dụ 8: Xác định mật độ hạt electron tự do trong thanh kim loại

Trong một thí nghiệm, người ta sử dụng các dụng cụ và thiết bị sau:

- Một thanh nam châm vĩnh cửu hình chữ U (Biết khe giữa hai cực từ của nam châm hình chữ U đủ lớn để có thể đưa các dụng cụ cần thiết vào trong đó);
- Một nguồn điện một chiều;
- Một biến trở;
- Một vôn kế có nhiều thang đo;
- Một thanh kim loại bằng đồng, mỏng, đồng chất, tiết diện đều hình chữ nhật;
- Thước đo chiều dài;



Hình 2.17

- Cuộn chỉ;
- Cân đòn (cân khối lượng);
- Dây nối, khóa K.
- a) Xây dựng các công thức cần sử dụng.
- b) Vẽ các sơ đồ thí nghiệm. Nêu các bước tiến hành thí nghiệm.
- c) Trình bày cách xây dựng bảng biểu và đồ thị trong xử lý số liệu. Các nguyên nhân gây sai số.

(Trích đề thi chọn HSGQG năm 2008)

Phương án

1. Cơ sở lý thuyết:

* Lý thuyết hiệu ứng Hall: Hình 2.18

- Electron chuyển động trong từ trường chịu tác dụng của lực Lorentz:

$$F_L = eBv$$

- Dòng điện chạy trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các electron tự do:

$$I = ne \cdot v \cdot S \Rightarrow v = \frac{I}{ne \cdot S}$$

Ta có: $F_L = \frac{B \cdot I}{n \cdot S}$ (1)

Khi đó sẽ hình thành hiệu điện thế giữa hai mặt của thanh kim loại, gây ra một điện trường, tác dụng lực điện lên electron chuyển động:

$$F_E = e \cdot E = e \cdot \frac{U}{d} \quad (2)$$

- Khi hiệu điện thế đạt giá trị ổn định: $F_L = F_E \Rightarrow U = \frac{1}{ne} \cdot \frac{BI d}{S}$

mà $S = a \cdot d \Rightarrow U = \frac{1}{ne} \cdot \frac{BI}{a}$ (3)

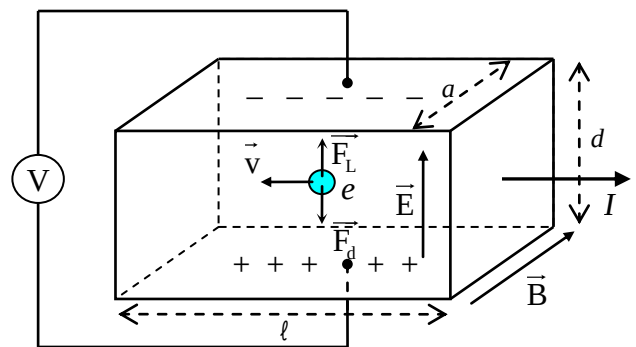
(Hiệu điện thế này gọi là hiệu điện thế Hall)

- Thực tế: $U = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{ne} \cdot \frac{BI}{a}$

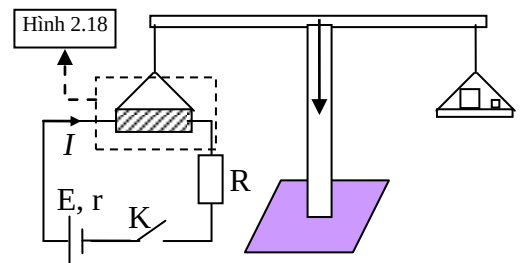
* Cân lực từ: Hình 2.19

- Khi khóa K mở: Đặt các quả cân sao cho kim của cân chỉ số 0.
- Khi khóa K đóng: Thêm, bớt các quả cân có khối lượng Δm để kim của cân chỉ số 0. Nghĩa là:

$$F = \Delta P \Rightarrow BI\ell = \Delta m \cdot g \Rightarrow BI = \frac{\Delta m \cdot g}{\ell} \quad (4)$$



Hình 2.18



Hình 2.19

* Từ (3) và (4) ta có:
$$U = \frac{1}{ne} \cdot \frac{\Delta m \cdot g}{a \cdot \ell} \Rightarrow n = \frac{g}{e \cdot a \cdot \ell} \cdot \frac{\Delta m}{U}$$

2. Sơ đồ thí nghiệm: Hình 2.18 và 2.19.

3. Các bước tiến hành thí nghiệm:

- **Bước 1:** Đo chiều dài ℓ , chiều dày a của thanh kim loại.
- **Bước 2:** Sử dụng sợi chỉ treo thanh kim loại vào một đòn cân sao cho thanh kim loại nằm ngang trong từ trường và vuông góc với đường sức từ.
- **Bước 3:** Mắc sơ đồ mạch điện như hình 2.18 + 2.19.
- **Bước 4:** Khi K mở, đặt các quả cân sao cho cân thăng bằng, khối lượng các quả cân là m_1 .
- **Bước 5:** Khi K đóng:
 - + Điều chỉnh giá trị của biến trở R để thay đổi cường độ dòng điện I.
 - + Ứng với mỗi giá trị của dòng điện I, thêm bớt các quả cân để cân thăng bằng: khối lượng các quả cân là m_2 , đọc số chỉ U của vôn kế.

4. Kết quả đo:

- Đo kích thước thanh kim loại:
 - + Chiều dài: $\ell = \dots$
 - + Chiều dày: $a = \dots$
- Kết quả đo hiệu điện thế và khối lượng:

Bảng số liệu 2.7:

m_1 (kg)	m_2 (kg)	Δm (kg)	U (V)	n
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

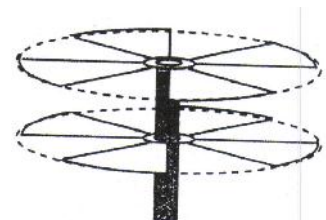
5. Nguyên nhân sai số:

- Thanh kim loại không nằm ngang, không vuông góc với các đường sức từ.
- Sai số do thước đo, cân và vôn kế.
- Sai số do tính toán (electron chuyển động trong mạng tinh thể)

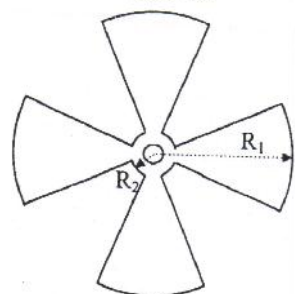
Ví dụ 9: Xác định điện trường ở gần bề mặt Trái đất

Một cách gần đúng người ta coi mặt đất là một mặt dẫn điện tốt. Ở gần bề mặt Trái đất có một điện trường hướng xuống mặt đất theo phương vuông góc với mặt đất.

Để đo cường độ điện trường E_0 gần bề mặt Trái đất,



Hình 3a.

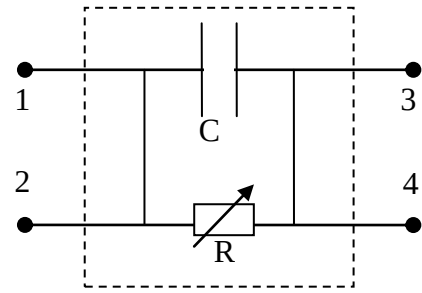


Hình 2k
Hình 2.20a

người ta sử dụng cơ cấu cơ khí bao gồm hai tấm kim loại phẳng được cắt thành dạng cánh quạt giống hệt nhau (Hình 2.20). Mỗi cánh có diện tích chiếm $1/8$ vùng diện tích tạo bởi hai đường tròn đồng tâm bán kính R_1 và R_2 (Hình 2.21). Hai tấm được đặt đồng trục, tấm trên có thể quay khi quay trục, tấm dưới được giữ đứng yên độc lập với trục quay của tấm trên và cách điện so với tấm trên. Trong thực tế khoảng cách giữa hai tấm kim loại là nhỏ.

Cho các dụng cụ sau:

- Cơ cấu cơ khí gồm hai tấm kim loại như trên với $R_1 = 8 \text{ cm}$ và $R_2 = 2 \text{ cm}$;
- 01 mô tơ điện một chiều, có tốc độ quay 3000 vòng/phút khi được cấp điện áp 9 V;
- 01 nguồn điện một chiều 9 V;
- Một hộp kín gồm tụ điện có điện dung $C = 0,01 \mu\text{F}$ và hộp điện trở có thể đặt giá trị từ $200 \text{ k}\Omega$ đến $30 \text{ M}\Omega$ được mắc song song như Hình 2.21;
- 01 dao động kí điện tử;
- Dây nối, hệ thống giá đỡ, giá treo, thiết bị che chắn, ngắt điện cần thiết.



Hình 2.21

Yêu cầu:

1. Khi đặt cơ cấu cơ khí ở trên bề mặt Trái đất như Hình 2.20, tấm trên nối đất và được quay với tốc độ góc ω . Viết biểu thức mô tả sự thay đổi điện tích ở bề mặt tấm dưới theo ω và thời gian t (chọn mốc thời gian $t = 0$ là thời điểm tấm trên che hoàn toàn tấm dưới). Hãy đưa ra biểu thức xác định độ lớn điện tích lớn nhất xuất hiện trên tấm dưới.

2. Vẽ sơ đồ thí nghiệm và nêu các bước tiến hành để xác định độ lớn điện tích lớn nhất xuất hiện trên tấm dưới, từ đó suy ra cường độ điện trường gần bề mặt Trái đất.

(Trích đề thi chọn HSGQG năm 2012, ngày thi thứ hai)

Phương án

1. Cơ sở lý thuyết:

Khi tấm kim loại trên quay sẽ làm tấm dưới lúc bị che chắn bởi tấm trên lúc không bị che trong điện trường. Chu kì quay $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

Điện tích xuất hiện trên bản tỉ lệ với điện tích phơi ra điện trường. Điện tích phơi dưới điện trường thay đổi theo thời gian:

$$0 \leq t \leq \frac{T}{8} \Rightarrow s(t) = \frac{\pi(R_1^2 - R_2^2)}{2} \frac{t}{T/8} = 4\pi(R_1^2 - R_2^2) \frac{t}{T}$$

$$\frac{T}{8} \leq t \leq \frac{T}{4} \Rightarrow s(t) = \frac{\pi(R_1^2 - R_2^2)}{2} \left(1 - \frac{t}{T/4}\right) = \frac{\pi(R_1^2 - R_2^2)}{2} \left(1 - \frac{4t}{T}\right)$$

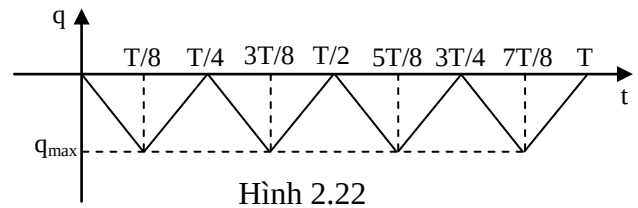
Do đó điện tích xuất hiện trên bản là

$$0 \leq t \leq \frac{T}{8} \Rightarrow q(t) = -4\pi(R_1^2 - R_2^2)\epsilon_0 E_0 \frac{t}{T}$$

$$\frac{T}{8} \leq t \leq \frac{T}{4} \Rightarrow q(t) = -\frac{\pi(R_1^2 - R_2^2)}{2} \epsilon_0 E_0 \left(1 - \frac{4t}{T}\right)$$

Đồ thị biểu diễn $q(t)$ có dạng

hình 2.22 với $|q_{\max}| = \frac{\pi(R_1^2 - R_2^2)\epsilon_0 E_0}{2}$

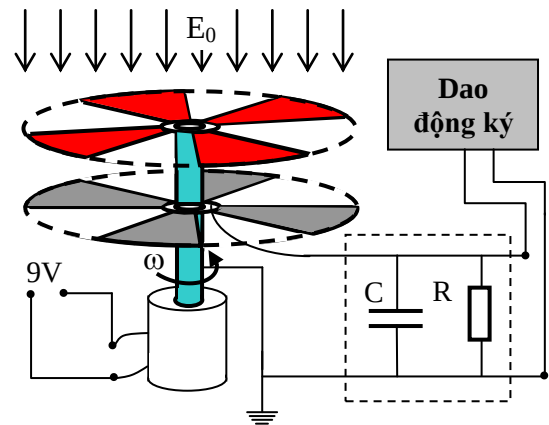


Hình 2.22

2. Phương án thí nghiệm:

Bố trí thí nghiệm như hình 2.23.

Bản trên nối với trục mô tơ điện và nối đất, bản dưới mắc qua hệ gồm hộp điện trở và tụ điện được mắc song song. Tụ điện và điện trở (hộp điện trở) đóng vai trò khuếch đại tín hiệu để chuyển điện tích thành điện áp hiển thị trên dao động ký.



Xét các trường hợp điện trở R :

+ Khi điện trở R nhỏ, điện tích từ tấm dưới chủ yếu chạy qua điện trở, điện tích tích tụ

vào tụ điện không đáng kể. Trường hợp này xảy ra khi: $R < \frac{T}{8C} = 0,25M\Omega$.

Do điện trở nhỏ nhất là $0,2 M\Omega$ nên không thể áp dụng trường hợp trên.

+ Khi điện trở R lớn, điện tích chủ yếu nạp cho tụ điện. Trường hợp này xảy ra khi $R > \frac{T}{8C} = 0,25M\Omega$

$$|q_{\max}| = CU_{\max} = \frac{\pi(R_1^2 - R_2^2)\epsilon_0 E_0}{2} \Rightarrow E_0 = \frac{2CU_{\max}}{R\pi(R_1^2 - R_2^2)\epsilon_0} \quad (1)$$

Như vậy chỉ khảo sát với trường hợp các điện trở có giá trị lớn để xác định được giá trị E_0 .

***Các bước tiến hành thí nghiệm:**

- Lắp đặt hệ thí nghiệm như hình 2.23.
- Đặt hộp điện trở ở một giá trị bất kỳ, xác định giá trị biên độ tín hiệu cực đại hiển thị trên dao động ký, ghi vào bảng số liệu.
- Lắp lại thí nghiệm với nhiều giá trị điện trở R của hộp biến trở, ghi lại biên độ tín hiệu hiển thị trên dao động ký, ghi vào bảng số liệu.

Bảng số liệu 2.8:

Lần đo	Điện trở R	Biên độ tín hiệu U
1		
2		
3		

- Xác định giá trị điện trường E_0 theo công thức (1). Giá trị điện trường là giá trị lớn nhất thu được trong dải khảo sát điện trở cao (điện trở càng lớn càng chính xác).

Ví dụ 10: Xác định nhiệt độ Curie của chất sắt từ

Cho các linh kiện và thiết bị sau:

- 01 ống sứ có khía các rãnh để có thể quấn dây
- Dây điện trở dùng làm sợi đốt
- 01 lõi sắt từ cần xác định nhiệt độ Curie
- Hai cuộn dây được quấn chồng lên nhau bao quanh lõi trụ có thể đưa gọn ống sứ vào trong
- 01 bộ cặp nhiệt điện loại K và đồng hồ dành cho cặp nhiệt điện K hiển thị giá trị nhiệt độ
- 01 nguồn điện xoay chiều 220 V
- 01 biến trở
- 01 nguồn điện xoay chiều 3 V
- 01 micrôampe kế xoay chiều
- Ngắt điện, dây nối cần thiết.

Hãy nêu phương án thí nghiệm để xác định nhiệt độ Curie của mẫu sắt từ và các lưu ý khi tiến hành thí nghiệm để giảm thiểu sai số.

(Trích đề thi chọn đội tuyển dự thi IPhO năm 2009, ngày thi thứ hai)

Phương án

1. Xây dựng hệ đo, các bước thực nghiệm và xử lý số liệu

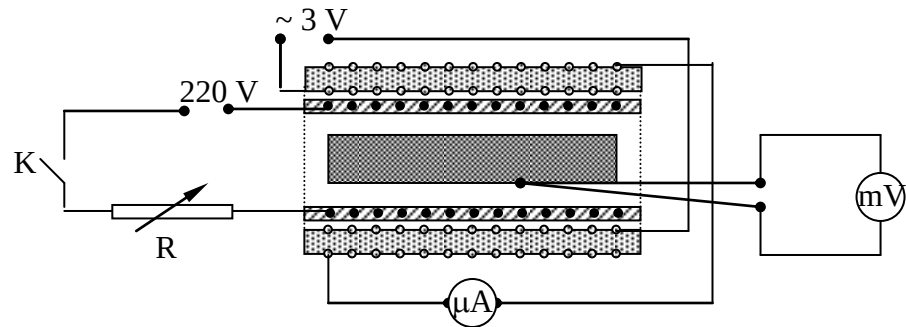
*** Chế tạo lò nung điện:**

- Yêu cầu: Tạo ra nguồn nhiệt độ nhưng không tạo ra từ trường trong lòng lò.

- Cách chế tạo: Gồm hai cuộn dây giống nhau mắc nối tiếp được quấn ngược chiều để khi có dòng điện chạy qua thì từ trường do hai cuộn dây gây ra trong lò triệt tiêu nhau.

* Đưa lò nung vừa tạo ở trên vào trong lòng ống dây bao gồm hai cuộn dây được quấn chồng lên nhau đã cho trước.

* **Mắc mạch điện như hình 2.24:**



Hình 2.24

- Nối dây lò nung với nguồn điện 220V thông qua một biến trở và khoá K để có thể điều chỉnh điện áp nuôi lò, do đó có thể điều khiển nhiệt độ ổn định của lò ở các giá trị khác nhau.

- Nối một cuộn dây trong ống dây với nguồn xoay chiều 3V, cuộn này đóng vai trò cuộn sơ cấp (giả sử có N_1 vòng).

- Cuộn dây còn lại của ống dây nối với microampe kế (giả sử có N_2 vòng). Giả sử đặt vào hai đầu cuộn sơ cấp hiệu điện thế u_1 , trong cuộn dây có dòng điện i_1 chạy qua làm xuất hiện suất điện động tự cảm $\varepsilon_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = -N_1 \frac{d(Li_1)}{dt}$. Khi đó trong cuộn thứ cấp xuất hiện suất điện động cảm ứng ε_2

$$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -N_2 \frac{d(Li_1)}{dt} = -N_2 L \frac{di_1}{dt}$$

- Suất điện động ε_2 gây nên dòng điện I_2 đo được bằng microampe kế.

- Hệ số tự cảm L ở đây chủ yếu gây ra do lõi sắt từ với độ từ thẩm $\mu \gg 1$. Hệ số từ thẩm μ này sẽ suy giảm khi nhiệt độ tăng.

Do đó khi tăng nhiệt độ làm $\mu \rightarrow 1$ và dòng điện i_2 giảm dần đến giá trị i_2 .

- Dựa trên các suy luận trên, bằng việc tăng dần nhiệt độ lò (đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt và đồng hồ), thu thập bộ số liệu phụ thuộc I_2 (đọc trên microampe kế) theo nhiệt độ T , dựng đồ thị của số chỉ microampe kế I_2 theo nhiệt độ T , rồi ngoại suy ta xác định được nhiệt độ Curie mà tại đó $\mu = 1$.

1. Các lưu ý trong thí nghiệm, sai số phép đo

- Cần đợi thời gian để nhiệt độ lò nung ổn định.

- Cần thực hiện phép đo cả khi nhiệt độ nung lớn hơn nhiệt độ Curie và sau đó giảm dần nhiệt độ lò đến khi nhỏ hơn nhiệt độ Curie.
- Các thang đo của dụng cụ cần thay đổi cho phù hợp.
- Sai số phép đo được tính dựa trên các dụng cụ và trên đồ thị ngoại suy.

Ví dụ 11: Xác định độ từ thẩm của chất sắt từ

Cho các linh kiện và thiết bị sau:

- 01 lõi sắt từ hình xuyên tiết diện tròn
- Cuộn dây đồng (có điện trở suất) có thể sử dụng để quấn tạo ống dây
- 01 điện kế xung kích dùng để đo điện tích chạy qua nó
- 01 nguồn điện một chiều
- 01 ampe kế một chiều
- 01 biến trở
- Thước đo chiều dài, panme, thước kẹp
- Ngắt điện, dây nối cần thiết.

Hãy nêu cơ sở lý thuyết và phương án thí nghiệm để đo hệ số từ thẩm μ của lõi sắt từ.

(Trích đề thi chọn đội tuyển dự thi IPhO năm 2009, ngày thi thứ hai)

Phương án

1. Cơ sở lý thuyết:

Xét một lõi sắt từ hình xuyên trên đó có cuộn hai cuộn dây có số vòng là N_1 và N_2 (Hình 2.25). Khi cho dòng điện chạy qua cuộn thứ nhất (N_1) trong lòng lõi sắt sẽ xuất hiện từ trường và từ trường này sẽ đi qua cả cuộn dây thứ hai (N_2).

Gọi d là đường kính trung bình lõi hình xuyên. Chu vi hình xuyên πd là chiều dài mạch từ.

Khi dòng điện chạy qua cuộn thứ nhất là I_1 thì cảm ứng từ chạy trong mạch từ là:

$$B = \mu_0 \mu \frac{N_1 I_1}{\pi d} \quad \text{với } \mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ (H/m)}$$

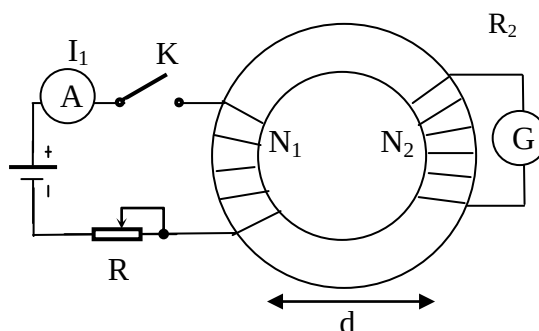
Từ thông gửi qua cuộn thứ hai là

$$\phi = N_2 B S = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2 I_1}{\pi d} S \quad \text{với } S \text{ là tiết}$$

diện mạch từ.

Khi vừa ngắt khoá K, dòng điện chạy qua cuộn thứ nhất I_1 sẽ giảm về 0 và gây ra sự biến thiên từ thông chạy qua cuộn thứ

hai (giảm từ $\phi \rightarrow 0$) và tổng điện tích chạy qua điện thế xung kích là q.



Hình 2.25

Xét khoảng thời gian Δt nhỏ, từ thông qua cuộn thứ hai giảm đi $\Delta\phi$ tương ứng với điện lượng đi qua là Δq . ở cuộn thứ hai sinh ra suất điện động cảm ứng ξ_2 và dòng điện i_2 .

Trong thời gian Δt trên dòng điện tích qua điện kế là:

$$\Delta q = i_2 \Delta t = \xi_2 \frac{\Delta t}{R_2} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \frac{\Delta t}{R_2} = \frac{\Delta\phi}{R_2} \quad (R_2 \text{ là điện trở cuộn dây } N_2)$$

$$\text{Toàn bộ điện tích qua cuộn 2 là } q = \sum \Delta q = \frac{1}{R_2} \sum |\Delta\phi| = \frac{1}{R_2} (\phi - 0) = \frac{N_1 N_2}{\pi d R_2} \mu_0 \mu I_1 S$$

$$\text{suy ra } \mu = \frac{q \pi d R_2}{N_1 N_2 \mu_0 I_1 S}.$$

2. Các bước thí nghiệm:

* Chuẩn bị:

- Đo đường kính trong và ngoài của lõi sắt từ hình xuyên d_1 và d_2

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

- Đo đường kính e của sợi dây đồng bằng panme

- Cuộn hai cuộn dây với số vòng là N_1 và N_2 lên lõi sắt từ.

- Tính điện trở cuộn dây N_2 : $R_2 = \rho \frac{\ell_2}{s} = \rho \frac{N_2 \pi (d_2 - d_1)}{\pi \left(\frac{e}{2}\right)^2} = 4\rho \frac{N_2 (d_2 - d_1)}{e^2}$

* Thao tác:

- Chỉnh biến trở để thay đổi dòng I_1 , mở khoá K, đọc giá trị q trên điện kế xung kích, ghi giá trị vào bảng số liệu 2.9:

Lần đo	I_1	điện lượng q

- Tính độ từ thẩm μ ứng với mỗi lần đo:

$$\mu = \frac{q \pi d R_2}{N_1 N_2 \mu_0 I_1 S} = \frac{q \pi \frac{d_1 + d_2}{2} 4\rho \frac{N_2 (d_2 - d_1)}{e^2}}{N_1 N_2 \mu_0 I_1 \pi \frac{(d_2 - d_1)^2}{4}} = 8 \frac{q \pi \rho (d_1 + d_2)}{N_1 \mu_0 I_1 \pi e^2 (d_2 - d_1)}$$

Lặp lại các thao tác trên và tính giá trị $\bar{\mu}$

PHẦN 3: BÀI TẬP THAM KHẢO

1. Các đề

Bài 1: *Vẽ đường đặc trưng Vôn – Ampe của bóng đèn.*

Cho các dụng cụ:

- 01 bóng đèn có ghi 12V – 30W.

- 01 miliampe kế;
- 01 vôn kế;
- 01 biến trở;
- 01 pin;

Vẽ sơ đồ thí nghiệm, lập bảng số liệu đo, vẽ dạng đường đặc trưng Vôn – Ampe của bóng đèn (*chú ý miền cường độ dòng điện nhỏ*). Giải thích dạng đồ thị.

Bài 2: Xác định điện trở của dây tóc bóng đèn ở nhiệt độ phòng.

Một bóng điện ghi 2,5V – 0,1W, có dây tóc đèn có bán kính rất nhỏ nên khi có dòng điện chạy qua là nóng lên rất nhanh. Để dùng nó làm hỏa kế quang học, người ta cần phải đo chính xác điện trở của nó ở nhiệt độ phòng.

Cho thêm các dụng cụ:

- 01 pin có ghi 1,5V;
- 01 biến trở;
- 01 milivôn kế có thang đo từ 0 đến 2000mV, mỗi độ chia ứng với 1mV, sai số $\pm 3\text{mV}$; điện trở nội rất lớn;
- 01 miliampe kế có thang đo từ 0 đến 2 mA, mỗi độ chia ứng với 1 μA , sai số $\pm 3\mu\text{A}$.

Trình bày cơ sở lý thuyết, cách bố trí thí nghiệm, tiến trình thí nghiệm, lập các bảng biểu cần thiết để xác định điện trở của dây tóc bóng đèn ở nhiệt độ phòng. Nêu các nguyên nhân dẫn đến sai số, ước lượng độ lớn của sai số.

Bài 3: Xác định suất điện động và điện trở trong của nguồn điện dùng vôn kế không lý tưởng

Cho các dụng cụ: 01 nguồn điện một chiều (có điện trở trong), 02 vôn kế, 01 hộp điện trở mẫu, các dây nối.

a) Xác định suất điện động của nguồn bằng một số tối thiểu mạch điện chỉ dùng các vôn kế, không dùng hộp điện trở.

b) Dùng một vôn kế và hộp điện trở mẫu, xây dựng phương án thí nghiệm và các phương trình tuyến tính ứng với các mạch điện để xác định suất điện động, điện trở trong của nguồn và điện trở của vôn kế đã dùng.

(Trích đề thi IPhO 1983 - Rumani)

Bài 4: Xác định nhiệt dung riêng C , hệ số nhiệt điện trở α , điện trở R_0 tại 0°C của một điện trở kim loại có khối lượng m .

Cho thêm các dụng cụ và linh kiện sau:

- Hai hộp điện trở R_{V1} , R_{V2} đọc được các trị số điện trở.
- Hai điện trở R_1 , R_2 đã biết trị số;

- Một tụ điện C_t ;
- Một nguồn điện xoay chiều, một nguồn điện một chiều;
- Một ampe kế điện trở nhỏ có thể đo được dòng một chiều và xoay chiều;
- Một điện kế có số không ở giữa bảng chia;
- Một đồng hồ (đo thời gian);
- Một nhiệt lượng kế có nhiệt dung riêng C_1 , khối lượng m_1 , chứa một lượng chất lỏng khối lượng m_2 có nhiệt dung riêng C_2 . Nhiệt lượng kế có gắn nhiệt kế đo nhiệt độ.
- Các dây nối, đảo mạch.

Trình bày cơ sở lý thuyết, sơ đồ mạch điện, các bước tiến hành thí nghiệm. Lập các bảng số liệu đo và vẽ dạng đồ thị (nếu có). Nêu các nguyên nhân gây sai số và biện pháp áp dụng để hạn chế sai số.

(Trích đề thi chọn HSGQG năm 2007)

Bài 5: Xác định điện dung của tụ điện

Cho các dụng cụ sau:

1. Một hộp điện trở mẫu cho phép tùy chọn điện trở có trị số nguyên từ 10Ω đến vài $M\Omega$.
2. Một nguồn điện xoay chiều có tần số f đã biết và có hiệu điện thế hiệu dụng giữa hai cực không đổi.
3. Một nguồn điện một chiều.
4. Một máy đo điện cho phép đo được cường độ dòng điện và hiệu điện thế (một chiều, xoay chiều).
5. Các dây nối, các ngắt điện có điện trở không đáng kể.
6. Một đồng hồ đo thời gian.

Hãy lập ba phương án xác định điện dung của một tụ điện.

Yêu cầu nêu: nguyên tắc lý thuyết của phép đo, cách bố trí thí nghiệm, cách tiến hành thí nghiệm, các công thức tính toán, những điều cần chú ý để giảm sai số của phép đo.

(Trích đề thi chọn HSGQG năm 2003)

Bài 6: Xác định hằng số điện môi ϵ và điện trường đánh thủng E_t của lớp chất điện môi trong lòng tụ điện

Cho các dụng cụ sau:

- Hộp điện trở mẫu có dải giá trị nguyên từ 1Ω - $10M\Omega$;
- 01 nguồn điện xoay chiều $f = 50\text{ Hz}$, $U = 220\text{ V}$;
- 01 ampe kế xoay chiều;

- 01 tụ điện gồm hai bản tụ bằng kim loại có diện tích S và khoảng cách giữa hai bản tụ là d , không gian giữa hai bản tụ được lấp đầy bởi lớp chất điện môi đồng tính cần xác định hằng số điện môi ε và điện trường đánh thủng E_t ;
- Các dây nối và ngắt điện cần thiết.

Yêu cầu:

1. Trình bày cách bố trí thí nghiệm và xây dựng các công thức cần thiết.
2. Nêu các bước tiến hành thí nghiệm, bảng biểu cần thiết và cách xác định ε và E_t .

(Trích đề thi chọn HSGQG năm 2013, ngày thi thứ nhất)

Bài 7: Xác định độ nhớt của chất lỏng.

Xét hệ đồng trục gồm khối trụ nhúng trong một cốc hình trụ đựng chất lỏng có độ nhớt η . Khi cho khối trụ quay với tốc độ góc ω_0 không đổi và giữ cốc đứng yên, chất lỏng chuyển động tròn, ổn định theo các đường dòng vuông góc với trục. Tốc độ góc của các dòng chảy giảm dần từ bề mặt bên của khối trụ ra thành cốc do lực nội ma sát giữa các dòng chảy. Tốc độ dòng chảy lớn nhất ở sát bề mặt khối trụ và bằng không ở sát thành cốc. Lực nội ma sát tác dụng lên một đơn vị diện tích bề mặt bên của lớp chất lỏng hình trụ cách trục cốc một khoảng r là $\sigma_{ms} = \eta r \cdot \frac{d\omega}{dr}$ với $\frac{d\omega}{dr}$ là độ biến thiên tốc độ góc trên một đơn vị chiều dài theo phương vuông góc với trục. Bỏ qua lực ma sát nhớt của chất lỏng tác dụng lên đáy của hình trụ.

Cho các dụng cụ sau:

- Động cơ điện một chiều gồm một stato cấu tạo bởi nam châm vĩnh cửu và rôto là một khung dây. Biết khi rôto quay trong từ trường gây bởi stato sẽ sinh ra suất điện động cảm ứng e (V) liên hệ với tốc độ quay của rôto ω (rad/s) theo biểu thức: $\omega = 38e$. Trên động cơ có gắn sẵn bộ hiển thị tốc độ vòng quay. Ma sát ở ổ trục động cơ không đáng kể;

- 01 nguồn điện một chiều ổn định, 01 biến trở, 01 ampe kế một chiều;
- Một khối trụ đặc bán kính R_1 , có thể nối với trục động cơ điện;
- Một cốc thủy tinh hình trụ có bán kính thành trong là R_2 ($R_2 > R_1$);
- Thước đo độ dài, bình đựng chất lỏng cần xác định độ nhớt;
- Khớp nối, dây nối, giá gá mẫu, khoá K cần thiết.

Yêu cầu:

1. Trình bày cách bố trí thí nghiệm và xây dựng các công thức cần thiết.
2. Nêu các bước tiến hành thí nghiệm, bảng biểu cần thiết và cách xác định độ nhớt của chất lỏng.

(Trích đề thi chọn HSGQG năm 2013, ngày thi thứ hai)

Bài 8: *Nêu các phương án xác định độ tự cảm của cuộn dây*

Cho các dụng cụ sau:

- Hai điện trở thuần R_1, R_2 (không rõ trị số)
- Một biến trở R .
- Một tụ xoay C (đọc được trị số)
- Một ampe kế xoay chiều A .
- Một cuộn dây.
- Các dây nối.
- Một nguồn điện xoay chiều 3 pha (biết tần số).

Hãy trình bày phương án thí nghiệm (trong đó có sử dụng cả ba pha) để xác định hệ số tự cảm L của cuộn dây. Vẽ sơ đồ thí nghiệm và tìm biểu thức tính L .

(Trích đề thi chọn đội tuyển dự thi APhO năm 2005)

Bài 9: *Xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái đất*

Khi một vòng dây mảnh bằng đồng quay quanh một đường kính đặt thẳng đứng của vòng, trong từ trường của Trái đất thì tốc độ góc của vòng dây sẽ giảm dần do hiện tượng cảm ứng điện từ.

a) Tính thời gian để tốc độ góc của vòng dây giảm đi một nửa. Cho rằng thời gian này lớn hơn rất nhiều so với một chu kì quay của vòng. Bỏ qua ma sát, hiện tượng tự cảm. Cảm ứng từ tại điểm đặt vòng có giá trị $44,5 \mu\text{T}$ và làm một góc 64° so với mặt phẳng nằm ngang. Cho khối lượng riêng của đồng là $8,90 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ và điện trở của vòng dây là $1,70 \cdot 10^{-8} \Omega$.

b) Cho các dụng cụ thí nghiệm:

- 01 vòng dây mảnh bằng đồng có thể quay quanh trục quay (nhẹ, cách điện) thẳng đứng trùng với đường kính của vòng
- 01 thước đo chiều dài có chia đến mm; 01 đồng hồ bấm giây; 01 cân điện tử.
- 01 biến trở; 01 ampe kế; 01 vôn kế; 01 nguồn điện một chiều; dây nối.
- giá đỡ, bọt khí thẳng bằng...

Trình bày phương án thí nghiệm đo thành phần nằm ngang của từ trường Trái đất.

Bài 10: *Nghiên cứu về lực hút của một nam châm vĩnh cửu*

Hãy đề xuất phương án thí nghiệm nghiên cứu sự phụ thuộc của lực hút của một nam châm vĩnh cửu thẳng lên một viên bi nhỏ bằng sắt non buộc ở đầu một sợi dây theo khoảng cách từ tâm viên bi đến bề mặt của cực nam châm (đọc theo trục của nam châm).

Dụng cụ được sử dụng gồm các dụng cụ thông thường để đo chiều dài, khối lượng, góc, thời gian và các giá đỡ bằng các vật liệu không có từ tính.

Nội dung bài làm cần có các phần sau:

1. Nguyên lý.
2. Cách bố trí thí nghiệm cụ thể.
3. Các công thức tính toán cần thiết.
4. Cách tiến hành thí nghiệm.
5. Xử lý số liệu.
6. Biện luận về sai số và tính khả thi của phương án.

(Trích đề thi chọn đội tuyển APhO 2003)

Bài 11: Xác định cảm ứng từ trong lòng ống dây

Hãy xây dựng phương án đo cảm ứng từ trong lòng một ống dây dài bằng điện kế xung kích. Điện kế xung kích là một điện kế khung quay mà khung của điện kế có mômen quán tính lớn. Góc quay cực đại của khung khi có một dòng điện tức thời chạy qua khung tỷ lệ với điện lượng phóng qua khung.

1. Trình bày phương án đo.
2. Lập công thức tính cảm ứng từ theo kết quả đo.
3. Nêu các thiết bị hỗ trợ cần dùng cho phép đo.
4. Cho biết sai số tỷ đối của phép đo diện tích, phép đo điện trở, phép đo bán kính đều là 1%. Hãy ước lượng sai số tỷ đối của phép đo cảm ứng từ bằng phương pháp này.

(Trích đề thi chọn đội tuyển dự thi APhO năm 2004, ngày thi thứ nhất)

Bài 12: Khảo sát đặc trưng của điốt chân không

Cho các linh kiện và thiết bị sau:

- 01 điốt chân không
- 02 ampe kế một chiều có nhiều thang đo (từ A $\rightarrow$ μ A)
- 01 vôn kế một chiều có nhiều thang đo
- 02 biến trở
- 02 nguồn điện một chiều
- Các dây nối, giá đỡ và màn chắn cần thiết.

Cấu tạo của điốt chân không: Điốt chân không gồm catốt và anốt là hai ống trụ kim loại đồng trục được đặt trong chân không. Catốt có thể được đốt nóng bằng sợi dây kim loại để phát ra các electron nhiệt.

Cho biết khi phân cực ngược điốt với điện áp nhỏ thì cường độ dòng điện đi qua điốt có dạng $I_1 = I_0 \cdot e^{-\frac{|eU|}{kT}}$ với:

- e - điện tích electron
- k - hằng số Boltzmann

T - nhiệt độ của catốt

U - hiệu điện thế giữa anốt và catốt.

Yêu cầu:

1. Vẽ sơ đồ và nêu trình tự thí nghiệm để xác định đặc trưng vôn-ampe của diốt chân không với các dòng nung nóng catốt khác nhau.

2. Nếu tiến hành thí nghiệm chính xác thì đường đặc trưng vôn-ampe có dạng như thế nào? Giải thích.

Nêu cách thu thập và xử lý số liệu để xác định nhiệt độ của catốt ứng với dòng nung xác định.

(Trích đề thi chọn đội tuyển dự thi IPhO năm 2009, ngày thi thứ hai)

Bài 13: Xác định các đặc trưng của linh kiện quang trở

Quang trở là linh kiện trong đó sự thay đổi điện trở R theo năng thông bức xạ tới Φ có dạng $R = A\Phi^{-\gamma}$ với A, γ là các hằng số phụ thuộc vào bản chất vật liệu, kích thước và hình dạng của quang trở.

Điện trở của dây kim loại vonfram phụ thuộc vào nhiệt độ theo hàm số:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$$

R_t và R_0 là điện trở dây tóc đèn ở t °C và 0°C; α , β là các hệ số nhiệt điện trở của dây tóc vonfram: $\alpha = 4,82 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$; $\beta = 6,76 \cdot 10^{-7} \text{K}^{-2}$.

Cho các dụng cụ, linh kiện và thiết bị sau:

- Quang trở;
- Bóng đèn sợi đốt có dây tóc bằng vonfram;
- Một nguồn điện một chiều;
- Một biến trở;
- Một ampe kế; một vôn kế; một ôm kế;
- Nhiệt kế;
- Dây nối, các thiết bị che chắn và các giá đỡ cần thiết.

Hãy trình bày:

1. Cơ sở lý thuyết xác định hằng số γ trong công thức $R = A\Phi^{-\gamma}$. Có thể sử dụng quang trở để đo độ rọi ánh sáng được không?

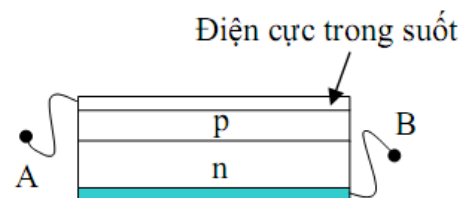
2. Sơ đồ bố trí thí nghiệm, cách thức thu thập và xử lý số liệu.

3. Những lưu ý trong thí nghiệm, sai số của phép đo.

(Trích đề thi chọn đội tuyển dự thi IPhO năm 2008, ngày thi thứ hai)

Bài 14: Khảo sát đặc tính của pin quang điện

Pin quang điện có cấu tạo gồm lớp chuyển tiếp p – n và hai điện cực (Hình 5). Một trong hai điện cực làm bằng chất có tính dẫn điện tốt và ánh sáng có thể truyền qua. Khi chiếu ánh sáng thích



Hình 3.1 nh 5

hợp vào lớp chuyển tiếp p – n sẽ xuất hiện hiệu điện thế một chiều ở hai điện cực của pin.

Khảo sát pin quang điện như một linh kiện điện tử. Nếu giữa hai điện cực A và B của pin có hiệu điện thế U_{AB} thì dòng điện qua pin có dạng $I_{AB} = I_d(e^{\alpha U_{AB}} - 1) + I_g$, với I_g đặc trưng cho thành phần dòng điện sinh ra do sự chiếu sáng vào lớp chuyển tiếp ($I_g = 0$ khi không chiếu sáng), α và I_d là các hệ số đặc trưng cho pin ($I_d > 0$, $\alpha > 0$). Giả thiết α và I_d luôn không đổi. Khi pin được chiếu sáng ổn định thì I_g không đổi và trong trường hợp chiếu sáng mạnh thì $|I_g| \gg I_d$.

Yêu cầu:

1. Với pin quang điện khi được chiếu sáng thích hợp và ổn định:
 - a) Tính điện áp hở mạch U_0 của pin theo I_g , I_d và α .
 - b) Mắc trực tiếp pin với một biến trở. Công suất tiêu thụ trên biến trở đạt giá trị cực đại P_m khi biến trở có điện trở R_m và điện áp giữa hai đầu biến trở là U_m .
 - Viết phương trình xác định U_m theo I_g , I_d và α .
 - Xác định P_m theo R_m , I , I_d và α .
2. Cho các dụng cụ sau:
 - 01 pin quang điện;
 - 01 ampe kế và 01 vôn kế một chiều đều có nhiều thang đo, 01 biến trở;
 - 01 nguồn sáng có thể thay đổi được cường độ sáng trong khoảng giá trị rộng;
 - giá đỡ, dây nối, khóa K và thiết bị che chắn cần thiết.
 - a) Vẽ sơ đồ thí nghiệm để khảo sát đường đặc trưng vôn – ampe của pin. Vẽ phác dạng đường đồ thị đặc trưng vôn – ampe của pin khi pin được chiếu sáng ổn định và chỉ ra giá trị dòng I_g , điện áp U_0 trên đồ thị.
 - b) Trình bày phương án thí nghiệm để xác định các đại lượng đặc trưng I_a và α của pin.

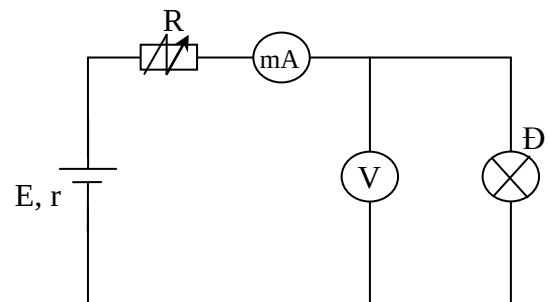
2. Đáp án bài tập

Bài 1: Vẽ đường đặc trưng Vôn – Ampe của dây tóc bóng đèn.

1. Cơ sở lý thuyết

- Khi bóng đèn sáng bình thường,
điện trở của dây tóc: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = 4,8(\Omega)$

- Nhận xét: Điện trở của dây tóc bóng đèn có giá trị nhỏ nên ta mắc sơ đồ mạch điện như hình 3.3.



Hình 3.4

2. Thí nghiệm:

a) Tiến trình thí nghiệm:

- Mắc sơ đồ mạch điện như hình 3.4.
- Di chuyển con chạy của biến trở, với mỗi giá trị của biến trở, đọc số chỉ của vôn kế, ampe kế điền vào bảng số liệu 3.1.

b) Xử lý số liệu:

- Bảng số liệu 3.1:

U (V)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
I (A)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

- Đường đặc trưng vôn – ampe của dây tóc bóng đèn: Hình 3.5

Nhận xét: Đường đặc trưng vôn-ampe của dây tóc bóng đèn có dạng đường cong

Giải thích: Khi hiệu điện thế đặt vào bóng đèn tăng, nhiệt độ dây tóc tăng lên, điện trở dây tóc tăng nghĩa là độ dốc của đồ thị giảm dần (vì: $\frac{dI}{dU} = \frac{1}{R_d}$).

Bài 2: Xác định điện trở của dây tóc bóng đèn ở nhiệt độ phòng

1. Cơ sở lý thuyết:

- Theo định luật Ohm: $R = \frac{U}{I}$ (1)

- Điện trở phụ thuộc nhiệt độ: $R = R_p [1 + \alpha(t - t_p)]$ (2)

Điện năng mà đèn tiêu thụ chuyển thành năng lượng bức xạ nhiệt ra môi trường và nhiệt lượng truyền ra môi trường nên ta có:

$$\left. \begin{array}{l} P_d = P_{\text{bucxa}} + P_{\text{truyennhiet}} \\ P_{\text{bucxa}} \ll P_{\text{truyennhiet}} \end{array} \right\} \Rightarrow P_d = P_{\text{truyennhiet}}$$

$$\text{Do đó: } UI = K(t - t_p) \Rightarrow t - t_p = \frac{UI}{K} \quad (3)$$

- Từ (1), (2) và (3) ta có: $\frac{U}{I} = R_p + \frac{\alpha R_p}{K} \cdot UI$

Đặt: $x = P = UI$; $y = R = \frac{U}{I}$, ta được: $y = ax + b$

trong đó: $a = \frac{\alpha R_p}{K}$; $b = R_p$

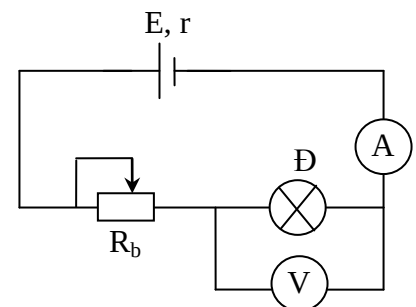
2. Thí nghiệm:

a) **Bố trí thí nghiệm:** Mắc sơ đồ mạch điện như hình 3.6.

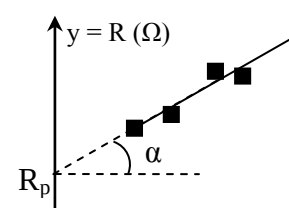
b) **Tiến trình thí nghiệm:**

- Thay đổi giá trị của biến trở. Với mỗi giá trị của biến trở, đọc số chỉ U của vôn kế, I của ampe kế, ghi vào bảng số liệu 3.2.

c) **Xử lý số liệu:**



Hình 3.6



- Bảng số liệu 3.2:

U (V)	I (A)	x = P = UI	y = R = U/I

- Đồ thị: Hình 3.7.

Ngoại suy: $b = R_p$.

Bài 3: Xác định suất điện động và điện trở trong của nguồn sử dụng vôn kế không lý tưởng.

A. Xác định suất điện động của nguồn điện (PP giải hệ phương trình)

1. Cơ sở lý thuyết:

- Sơ đồ mạch điện (Hình 3.8)

$$U_1 = E - r \cdot \frac{U_1}{R_1} \quad (1)$$

- Sơ đồ mạch điện (Hình 3.9)

$$U'_1 + U'_2 = E - r \cdot \frac{U'_1}{R_1} \quad (2)$$

- Từ (1) ta có: $r = \frac{E - U_1}{U_1} \cdot R_1$. Thay vào (2) ta được:

$$E = \frac{U_1 U'_2}{U_1 - U'_1}$$

2. Thí nghiệm:

a) Tiến trình thí nghiệm:

- Mắc sơ đồ mạch điện như Hình 3.8: Đọc số chỉ U_1 của vôn kế V_1 .

- Mắc sơ đồ mạch điện như Hình 3.9: Đọc số chỉ U'_1 của vôn kế V_1 và U'_2 của vôn kế V_2 .

- Lặp lại các bước trên nhiều lần, điền số liệu vào bảng số liệu 3.3.

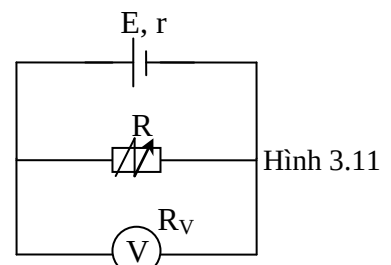
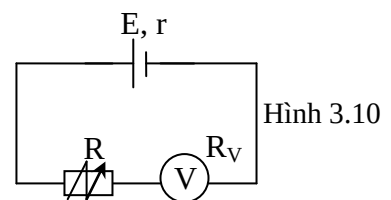
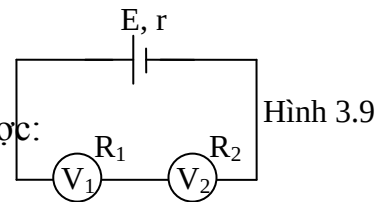
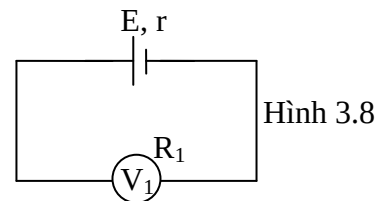
b) Xử lý số liệu:

- Bảng số liệu 3.3:

Lần đo	U_1 (V)	U'_1 (V)	U'_2 (V)
1	...	...	...
...			

- Suất điện động trung bình: $\bar{E} = \frac{\bar{U}_1 \bar{U}'_2}{\bar{U}_1 - \bar{U}'_1}$

- Sai số:



$$\Delta E = \left| \frac{\overline{U_1}}{\overline{U_1} - \overline{U_1'}} \right| \cdot \Delta U_2' + \frac{\overline{U_1} \cdot \overline{U_2'}}{(\overline{U_1} - \overline{U_1'})^2} \cdot \Delta U_1' + \frac{\overline{U_1'} \cdot \overline{U_2'}}{(\overline{U_1} - \overline{U_1'})^2} \cdot \Delta U_1$$

B. Xác định suất điện động và điện trở trong của nguồn (PP tuyến tính hóa):

1. Cơ sở lý thuyết:

- Sơ đồ mạch điện: Hình 3.10.

$$E = \frac{U}{R_V} \cdot (r + R + R_V) \Rightarrow \frac{1}{U} = \frac{r + R_V}{ER_V} + \frac{1}{ER_V} \cdot R$$

Đặt: $x = R; y = \frac{1}{U}$, thì: $y = a_1x + b$,

$$\text{Trong đó: } a_1 = \frac{1}{ER_V}; b = \frac{r + R_V}{ER_V} \quad (1)$$

- Sơ đồ mạch điện: Hình 3.11.

$$E = U + \frac{R + R_V}{RR_V} \cdot U \cdot r = \frac{Rr + R_V r + RR_V}{RR_V} \cdot U$$

$$\Rightarrow \frac{1}{U} = \frac{r + R_V}{ER_V} + \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R}$$

Đặt: $x = \frac{1}{R}; y = \frac{1}{U}$, thì: $y = a_2x + b$,

$$\text{Trong đó: } a_2 = \frac{r}{E}; b = \frac{r + R_V}{ER_V} \quad (2)$$

- Từ (1), (2) ta có: $R_V = \frac{1}{Ea_1}; r = Ea_2$, trong đó, E là nghiệm của phương trình:

$$a_1a_2E^2 - b_1E + 1 = 0 \quad (*)$$

2. Thí nghiệm:

a) Tiến trình thí nghiệm:

- Mắc sơ đồ mạch điện như Hình 3.10: Thay đổi giá trị của điện trở R, với mỗi giá trị R, đọc số chỉ U của vôn kế, điền vào bảng số liệu 3.4.

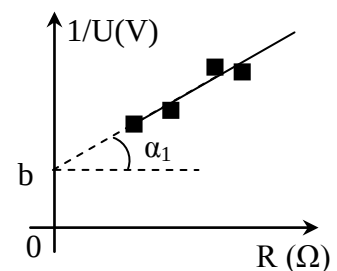
- Mắc sơ đồ mạch điện như Hình 3.11: Thay đổi giá trị của điện trở R, với mỗi giá trị R, đọc số chỉ U của vôn kế, điền vào bảng số liệu 3.5.

b) Xử lý số liệu:

- Bảng số liệu 3.4:

$x = R$ (Ω)	U (V)	$y =$ $1/U$
...	...	...
...	...	...

Đồ thị: Hình 3.12.



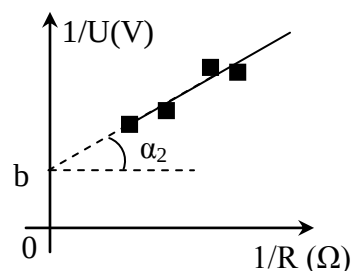
Hình 3.12

+ Độ dốc: $a_1 = \tan \alpha_1$.

+ Ngoại suy: b

- Bảng số liệu 3.5:

R (Ω)	U (V)	x = 1/R	y = 1/U
...	...	...	...
...	...	...	...



Hình 3.13

Đồ thị: Hình 3.13.

+ Độ dốc: $a_2 = \tan \alpha_2$.

+ Ngoại suy: b

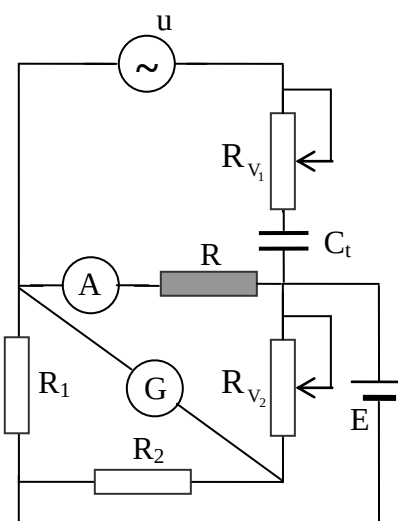
- Giá trị của E, r, R_v được tính theo (*)

Bài 4: Xác định nhiệt dung riêng C, hệ số nhiệt điện trở α, điện trở R₀ tại 0°C của một điện trở kim loại có khối lượng m.

Để đo đồng thời các đại lượng nhiệt dung C, hệ số nhiệt điện trở α, điện trở R₀ trên 1 sơ đồ đo, người ta dùng điện trở kim loại R để nung nóng chất lỏng trong nhiệt lượng kế.

1. Sơ đồ đo: (Hình 3.14)

Trong khi nung nóng điện trở R bởi nguồn xoay chiều, người ta điều chỉnh mạch cầu cho cân bằng, tính được giá trị R, đọc giá trị dòng điện trên Ampe kế.



Hình 3.14

2. Xây dựng các công thức:

- Nhiệt lượng tỏa ra trên R: $Q_1 = RI^2\tau$
- Nhiệt lượng đã hấp thụ trong nhiệt lượng kế, nước (kể cả trên điện trở R):
- $Q_2 = (C_1m_1 + C_2m_2 + Cm)(t_2 - t_1)$
- $Q_1 = Q_2 \rightarrow C = \frac{1}{m} \left[\frac{RI^2\tau}{t_2 - t_1} - (C_1m_1 + C_2m_2) \right] \quad (1)$

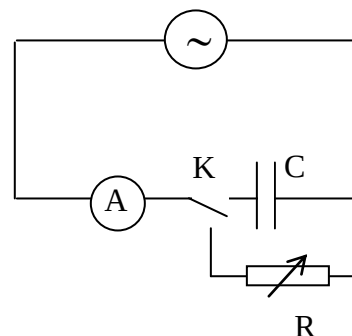
Ở đây, τ: thời gian cấp dòng điện xoay chiều qua điện trở R,

I: cường độ dòng điện qua điện trở R,

t₁, t₂: nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ sau khi cấp dòng xoay chiều cho điện trở R.

- Điện trở kim loại được xác định bởi:

$$R = R_0(1 + \alpha t_2) \quad (2)$$



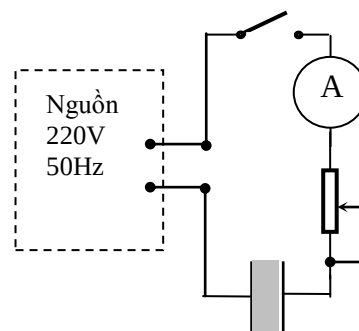
3. Trình tự thí nghiệm và các biểu bảng:

- Cho dòng I qua R trong thời gian τ , đọc giá trị t_2 .

- Điều chỉnh cho cầu cân bằng:

$$R = \frac{R_1}{R_2} R_{V_2} = R_0(1 + \alpha t_2)$$

- Bảng số liệu 3.6:



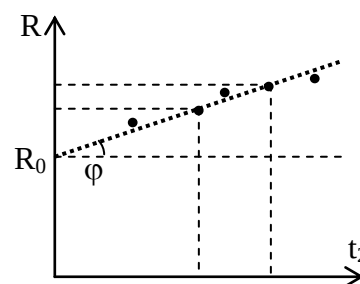
Hình 3.16

t_2	t_{2_1}	t_{2_2}	t_{2_3}	...
	t_{2_n}			
R	a	b	c	...
	d			

- Từ bảng trên, vẽ đồ thị: $R = R(t_2)$

+ Đồ thị (Hình 3.15) là đường thẳng, ngoại suy được giá trị R_0 (Giao của đồ thị $R = R(t_2)$ với trục Oy)

+ α được xác định bởi: $\text{tg}\varphi = R_0\alpha \rightarrow \alpha = \frac{\text{tg}\varphi}{R_0}$. Góc



Hình 3.15

φ là góc nghiêng của đồ thị và trục Ox.

- Nhiệt dung C được tính trực tiếp từ (1) hoặc có thể thay (2) vào (1) để xác định nhiệt dung của điện trở kim loại.
- Sai số có thể mắc phải: Sai số do nhiệt dung của dây nối, lắc khay nước không đều,...

Bài 5: Xác định điện dung của tụ điện

Phương án 1: Mắc tụ với nguồn một chiều cho tích điện đầy rồi cho phóng điện qua điện trở lớn. Đo hiệu điện thế U_0 của nguồn và hiệu điện thế trên tụ bằng vôn kế, đo t bằng đồng hồ và đọc trị số R của hộp điện trở.

Từ $u = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$ ta tính được C. Nếu chọn $u = \frac{U_0}{e}$ thì $C = \frac{t}{R}$. Cần chọn R lớn (cỡ MΩ) để thời gian phóng điện đủ lớn (cỡ giây).

Phương án 2: Lắp mạch gồm tụ nối tiếp với hộp điện trở rồi nối với nguồn. Lần lượt đo hiệu điện thế U_R trên điện trở, U_C trên tụ (điều chỉnh sao cho hai hiệu điện thế này gần bằng nhau), sẽ suy ra:

$$RC.2\pi f = \frac{U_R}{U_C} \Rightarrow C = \frac{U_R}{2\pi f.R.U_C}$$

Phương án 3: Dùng máy đo vạn năng (để ở nấc đo cường độ dòng điện) mắc nối tiếp với tụ để đo I qua tụ, tính được:

$$C = \frac{I}{2\pi f.U_0}$$

Phương án 4: Mắc sơ đồ như hình 3.16. Dùng hộp điện trở như một biến trở điều chỉnh sao cho khi chuyển khóa K giữa hai chốt kim ampe kế đều chỉ như nhau. Lúc đó, dung kháng của tụ bằng biên trở R (bỏ qua điện trở của dụng cụ đo). Vậy: $C = \frac{1}{2\pi f.R}$

Bài 6: Xác định hằng số điện môi ϵ và điện trường đánh thủng E_t của lớp chất điện môi trong lòng tụ điện

1. Mắc mạch điện như sơ đồ hình 3.17.

- Cường độ dòng điện qua mạch là

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{d}{\epsilon_0 S \omega}\right)^2}} \Rightarrow \left(\frac{U}{I}\right)^2 = R^2 + \left(\frac{d}{\epsilon_0 S \omega}\right)^2$$

- Đặt: $X = R^2$; $y = \left(\frac{U}{I}\right)^2 \Rightarrow Y = X + \left(\frac{d}{\epsilon_0 S \omega}\right)^2$

- Tại điểm tụ bắt đầu bị đánh thủng, ta có giá trị: $u_t = U_{0C} = I_{0t} \cdot Z_C$

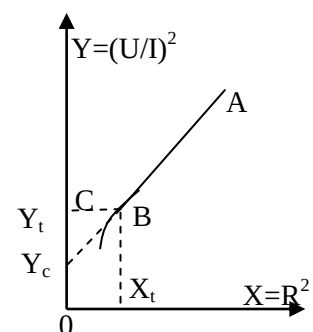
- Khi $R = 0 \Rightarrow Y_c = \left(\frac{D}{\epsilon_0 S \omega}\right)^2 \Rightarrow \epsilon = \frac{d}{\sqrt{Y_c} \epsilon_0 S \omega} \quad (1)$

$$u_t = \frac{1}{\omega C} I_{0t} = \frac{d}{\omega \epsilon_0 S} \cdot \frac{U \sqrt{2}}{\sqrt{X_t + Y_c}} = E_t d \Rightarrow E_t = \frac{U \sqrt{2}}{\epsilon_0 S \omega \sqrt{X_t + Y_c}} \quad (2)$$

hoặc $E_t = \frac{U \sqrt{2}}{\epsilon_0 S \omega \sqrt{Y_t}} \quad (2)$

STT	R	I	$X=R^2$	$Y=(U/I)^2$
....				
....				

- Vẽ đồ thị về sự phụ thuộc $Y = (U/I)^2$ theo $X = R^2$ (Hình 3.18). Nhận xét:



+ Giao điểm của đoạn thẳng AB kéo dài với trục tung là Y_C cho phép xác định hằng số điện môi ϵ theo công thức (1)

+ Xác định điện trường đánh thủng : Phần đường cong phi tuyến BC ứng với giai đoạn tụ bị đánh thủng. Tại điểm bắt đầu bị đánh thủng (điểm B) có tọa độ $(X_B; Y_B)$, từ đó xác định được điện trường đánh thủng theo công thức (2).

Bài 7: Xác định độ nhớt của chất lỏng.

1. Bố trí thí nghiệm:

Bố trí thí nghiệm như hình 3.19, cần đặt khối trụ đồng trục với trục cốc trụ, đổ chất lỏng cần xác định độ nhớt vào cốc. Khi đóng khóa K, động cơ sẽ quay và làm hình trụ quay, chất lỏng trong cốc sẽ quay sinh ra lực cản nhớt tác dụng ngược lên khối trụ. Cân bằng giữa momen phát động của động cơ và lực cản nhớt sẽ làm động cơ quay đều.

2. Xây dựng công thức:

Khảo sát chuyển động của chất lỏng trong cốc khi trụ quay đều với tốc độ ω_0

- Mômen gây bởi lực ma sát tác dụng lên bề mặt lớp chất lỏng hình trụ bán kính r là $T = 2\pi^3 h \eta \frac{d\omega(r)}{dr}$ nên:

$$\omega(r) = \int_{R_1}^r \frac{T}{2\pi^3 h \eta} dr = \frac{T}{4\pi h \eta} \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r^2} \right)$$

Tốc độ quay $\omega(R_1) = \omega_0$ và $\omega(R_2) = 0$ nên:

$$T = \frac{4\pi h R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \eta \omega_0$$

- Khi rôto quay sẽ sinh ra suất điện động cảm ứng e trên động cơ. Công suất điện chuyển thành công suất cơ và sinh ra momen quay $P = i \cdot e = \omega T$ với i là dòng điện chạy trong mạch. Mômen cơ là $T = \frac{i \cdot e}{\omega} = \frac{i}{38}$

- Khi động cơ quay ổn định, mômen cơ cân bằng với mômen cản gây bởi lực ma sát nhớt của dung dịch:

$$\frac{i}{38} = \frac{4\pi R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \eta \omega \Rightarrow i = \frac{152\pi h R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \eta \omega$$

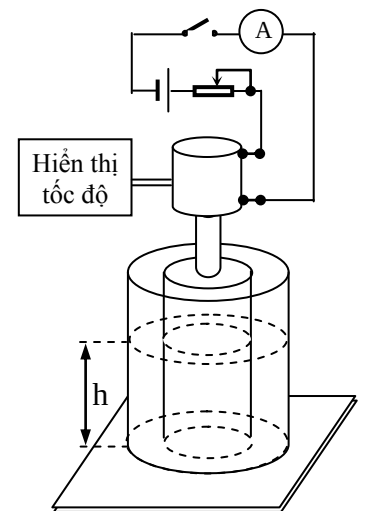
Như vậy bằng việc thay đổi biến trở, xác định các cặp giá trị giữa dòng điện trong mạch và tốc độ quay của động cơ ta sẽ xác định được độ nhớt η .

3. Các bước tiến hành thí nghiệm, bảng biểu và xử lý số liệu:

- Bố trí thí nghiệm như hình 3.17.

- Tiến hành thí nghiệm:

+ Xác định đường kính trụ trong và đường kính trong của cốc



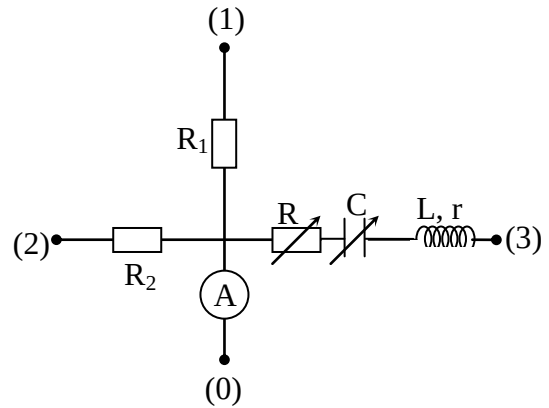
Hình 3.19

- + Đo chiều cao h của chất lỏng trong cốc.
- + Bật khoá k , đợi động cơ quay ổn định, đọc giá trị dòng điện I trên ampe kế và tốc độ quay ω của mô tơ, ghi vào bảng số liệu.

+ Thay đổi biến trở và ghi cặp I, ω tương ứng vào bảng số liệu 3.8.

Xử lý số liệu: Ta có: $I = \frac{152\pi h R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \eta \omega$

- Dựng đồ thị I theo ω , đồ thị dạng đường thẳng (Hình 3.20), xác định độ nghiêng và từ đó tính được độ nhớt η .



Hình 3.21

Bài 8: Nêu các phương án xác định độ tự cảm của cuộn dây

Dùng dòng điện ba pha mắc sao như hình 3.21.

Ampe kế mắc trong dây trung hòa.

Điều chỉnh đồng thời tụ xoay và biến trở cho đến khi ampe kế chỉ số 0.

Khi đó:

$$\vec{I}_{01} + \vec{I}_{02} + \vec{I}_{03} = 0 \text{ (Giản đồ vectơ trên hình 3.22)}$$

$$\text{Ta có: } \tan \varphi_3 = \frac{Z_L - Z_{C_1}}{R + r} \quad (1)$$

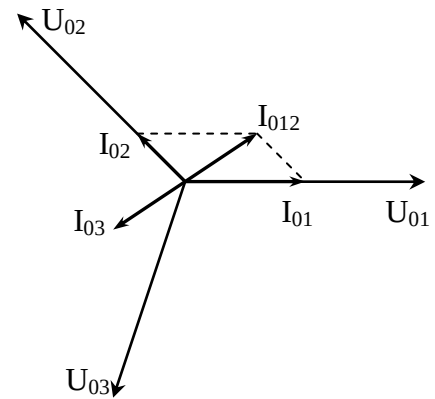
Với C_1 là điện dung của tụ xoay.

Đổi chỗ hai pha (1) và (2) rồi điều chỉnh tụ xoay cho đến khi ampe kế lại chỉ số 0. Khi đó:

$$\tan \varphi'_3 = \frac{Z_L - Z_{C_2}}{R + r} \quad (2)$$

Với C_2 là điện dung của tụ xoay.

$$\text{Do } \varphi'_3 = -\varphi_3 \Rightarrow Z_L - Z_{C_2} = -(Z_L - Z_{C_1}) \Rightarrow L = \frac{Z_{C_1} + Z_{C_2}}{4\pi f}$$



Hình 3.22

Bài 9: Xác định thành phần nằm ngang của từ trường Trái đất

a. Thành phần nằm ngang của từ trường Trái đất gây ra suất điện động cảm ứng cho vòng dây là:

$$B = 44.5 \cdot 10^{-6} \cdot \cos 64^\circ \text{ (T)}$$

- Từ thông qua vòng dây sau thời gian t là: $\Phi = B \cdot \pi a^2 \cdot \cos \omega t$, với a là bán kính vòng dây.

- Suất điện động xuất hiện trong vòng dây: $e = -\frac{d\Phi}{dt} = \pi a^2 \omega B \sin \omega t$

$$\Rightarrow \text{Công suất tỏa nhiệt trong vòng dây: } P = \frac{E^2}{R} = \frac{\pi^2 a^4 \omega^2 B^2}{2R}$$

- Momen quán tính của vòng dây đối với trục quay là: $I = \frac{1}{2}ma^2$, với m là khối lượng của vòng dây.

$$\Rightarrow \text{Động năng quay của vòng dây: } K = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{4}ma^2\omega^2$$

$\Rightarrow$ Độ biến thiên động năng của vòng dây trong 1 đơn vị thời gian là:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{1}{2}ma^2\omega \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

- Theo định luật bảo toàn và chuyển hóa năng lượng ta có:

$$\frac{dK}{dt} = -P \Rightarrow \frac{1}{2}ma^2\omega \cdot \frac{d\omega}{dt} = -\frac{\pi^2 a^4 \omega^2 B^2}{2R} \Rightarrow \frac{d\omega}{\omega} = -\frac{\pi^2 a^2 B^2}{mR} dt$$

Gọi τ là thời gian để tốc độ góc của vòng dây giảm 1 nửa, ta có:

$$\int_{\omega}^{\omega/2} \frac{d\omega}{\omega} = -\frac{\pi^2 a^2 B^2}{mR} \int_0^{\tau} dt \Rightarrow \ln 2 = \frac{\pi^2 a^2 B^2}{mR} \tau = \frac{\pi^2 a^2 B^2}{d \cdot 2\pi a S \cdot \frac{\rho \cdot 2\pi a}{S}} \tau = \frac{B^2}{4\rho d} \tau$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{4\rho d}{B^2} \ln 2$$

Thay số ta được: $\tau = 1,10 \cdot 10^6 \text{ s} \approx 12 \text{ ngày } 18 \text{ giờ}$.

b. Phương án thí nghiệm:

1. Cơ sở lý thuyết:

- Chứng minh tương tự phần (a), thời gian τ để tốc độ góc của vòng dây giảm k lần được xác định bằng công thức: $\tau = \frac{4mR}{\pi^2 d^2 B^2} \ln k$

với: m , R , d là khối lượng, điện trở và đường kính của vòng dây.

Trong đó: $k = \frac{\omega_0}{\omega} = \frac{\Delta t}{\Delta t_0}$, với Δt , Δt_0 là khoảng thời gian để vòng dây thực hiện được N vòng quay.

- Đặt: $x = \ln k$, $y = \tau$, ta được: $y = a \cdot x$, trong đó: $a = \frac{4mR}{\pi^2 d^2 B^2} \Rightarrow B = \frac{2}{\pi d} \sqrt{\frac{mR}{a}}$ (*)

2. Thí nghiệm:

- Bước 1: Cân khối lượng m và đo đường kính d của vòng dây, điền vào bảng số liệu 3.9.

Bảng số liệu 3.9:

Lần đo	m	d
...	...	...
...	...	...

- Bước 2: Mắc sơ đồ mạch điện như Hình 3.21. Thay đổi giá trị của biến trở, với mỗi giá trị của biến trở, đo U, I, xác định giá trị điện trở $R = \frac{U}{I}$, điền vào bảng số liệu 3.10.

Bảng số liệu 3.10:

U	I	R
...	...	...
...	...	...

Vẽ đồ thị R(I), ngoại suy ra giá trị của R khi I = 0.

- Bước 3: Đặt và quay vòng dây quanh trục quay thẳng đứng. Dùng đồng hồ đo thời gian, ghi lại thời điểm và khoảng thời gian vòng dây quay được 10 vòng, điền số liệu vào bảng số liệu 3.11.

Bảng số liệu 3.11:

$x = \tau$	Δt	$k = \frac{\Delta t}{\Delta t_0}$	$y = \ln k$
0	Δt_0	//	//
...	...	...	...

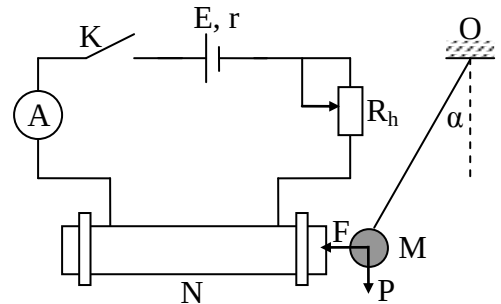
Vẽ đồ thị:

Hệ số góc $a = \tan \alpha$, suy ra B theo công thức (*).

Bài 10: Nghiên cứu về lực hút của một nam châm vĩnh cửu

1. Nguyên tắc của thí nghiệm: Cho nam châm hút một miếng sắt non, khối lượng m, trọng lượng mg, treo bằng một dây mềm vào một điểm cố định O theo phương nằm ngang (Hình 3.24)

2. M là một viên bi sắt, khối lượng m, trọng lượng $P = mg$, được treo bằng một sợi dây mềm, vào một điểm cố định O. N là một



Hình 3.24

nam châm điện đặt nằm ngang, hai cực của cuộn dây được mắc vào bộ acquy E, qua ngắt K và ampe kế A. Nam châm phải dịch chuyển được dễ dàng, để lõi sắt nằm ngang, luôn luôn ở cùng độ cao với M, và rất gần M (Hình 3.22)

3. Cho cường độ dòng điện I những giá trị tăng dần từng 0,1A hoặc 0,2A, dịch chuyển nam châm điện, cho viên bi sắt luôn luôn bị hút sát vào lõi sắt, nhưng không chạm vào lõi, và cho dây treo luôn luôn căng. Đo góc α , rồi tính F bằng công thức: $F = mg \cdot \tan \alpha$

4. Lập bảng các trị số của I, F và vẽ đồ thị F(I).

5. Cần tránh ảnh hưởng của từ dư. Ban đầu, phải khử từ cho lõi sắt (ví dụ bằng cách nung tới điểm Curie, hoặc cho dòng điện xoay chiều cường độ giảm dần qua nam châm). Khi đo, chỉ cho I tăng.

Bài 11: Xác định cảm ứng từ trong lòng ống dây

1. Dùng một cuộn dây bện có N vòng, có điện trở R, hai đầu được nối với điện kế xung kích G. Lòng cuộn dây bện ra ngoài ống dây điện dài tại điểm giữa. Gọi B là cảm ứng từ trong lòng ống dây điện dài mà ta cần xác định.

2. Từ thông qua ống dây bện: $\Phi = BS$; S là tiết diện của ống dây. Đột nhiên mở khóa K, suất điện động cảm ứng xuất hiện trong ống dây bện:

$$\varepsilon_c = -N \frac{d\Phi}{dt} = -NS \cdot \frac{dB}{dt}$$

Dòng điện cảm ứng tức thời chạy qua điện kế xung kích: $i_c = -\frac{\varepsilon_c}{R} = -\frac{NS}{R} \cdot \frac{dB}{dt}$

$$\text{Vậy: } dB = -\frac{R}{NS} i_c dt = -\frac{R}{NS} dq \Rightarrow \int_B^0 dB = -\frac{R}{NS} \int_0^q dq$$

Suy ra: $B = \frac{Rq}{NS}$. Biết R, N, S và đo được q thì ta tính được B.

3. Phải dùng thêm một cuộn dây bện có số vòng N và điện trở R đã biết và một ngắt điện K.

a. Phải đo tiết diện S của ống dây bằng cách dùng thước kẹp để đo đường kính trong của ống dây điện dài.

b. Phải đếm số vòng dây N của ống dây bện.

c. Phải đo điện trở R của ống dây bện bằng một mạch cầu điện trở.

4. Coi như N không có sai số, ta có: $\frac{\Delta B}{B} = \frac{\Delta q}{q} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta S}{S}$

$$\text{Từ } S = \pi r^2 \Rightarrow \frac{\Delta S}{S} = \frac{2 \cdot \Delta r}{r}$$

Biết rằng sai số tỉ đối của phép đo đường kính của ống, của phép đo diện tích và của phép đo điện trở đều là 1%. Ta có: $\frac{\Delta B}{B} \approx 4\%$

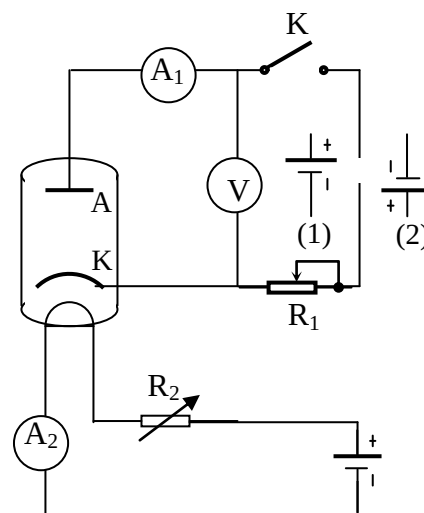
Bài 12: Khảo sát đặc trưng của diốt chân không

1. Sơ đồ thí nghiệm:

Mắc mạch điện như hình 3.25.

2. Thao tác thực nghiệm:

- Thay đổi biến trở R_2 để thay đổi dòng điện nuôi dây nung catốt (đọc giá trị I_2 trên ampe kế A_2).



- Với mỗi giá trị dòng I_2 tương ứng với giá trị đọc trên A_2 ta tiến hành:
- * Khảo sát nhánh phân cực thuận của điốt:
 - Mắc nguồn điện cấp cho anốt và catốt ($U_{AK} > 0$) để phân cực thuận cho điốt (mắc nguồn nuôi theo (1)).
 - Thay đổi biến trở R_1 để thay đổi điện áp U_{AK} , đọc giá trị hiển thị trên ampe kế A_1 và vôn kế V tương ứng. Ghi số liệu tương ứng vào bảng số liệu 3.12:

$$I_2 = \dots\dots$$

Bảng số liệu 3.12:

Lần đo	U_{AK}	I_1

- * Khảo sát nhánh phân cực nghịch của điốt:
 - Mắc nguồn điện cấp cho anốt và catốt ($U_{AK} < 0$) để phân cực nghịch cho điốt (mắc nguồn nuôi theo (2)).
 - Thay đổi biến trở R_1 để thay đổi điện áp U_{AK} , đọc giá trị hiển thị trên ampe kế A_1 và vôn kế V tương ứng.

Ghi số liệu tương ứng vào bảng số liệu 3.13:

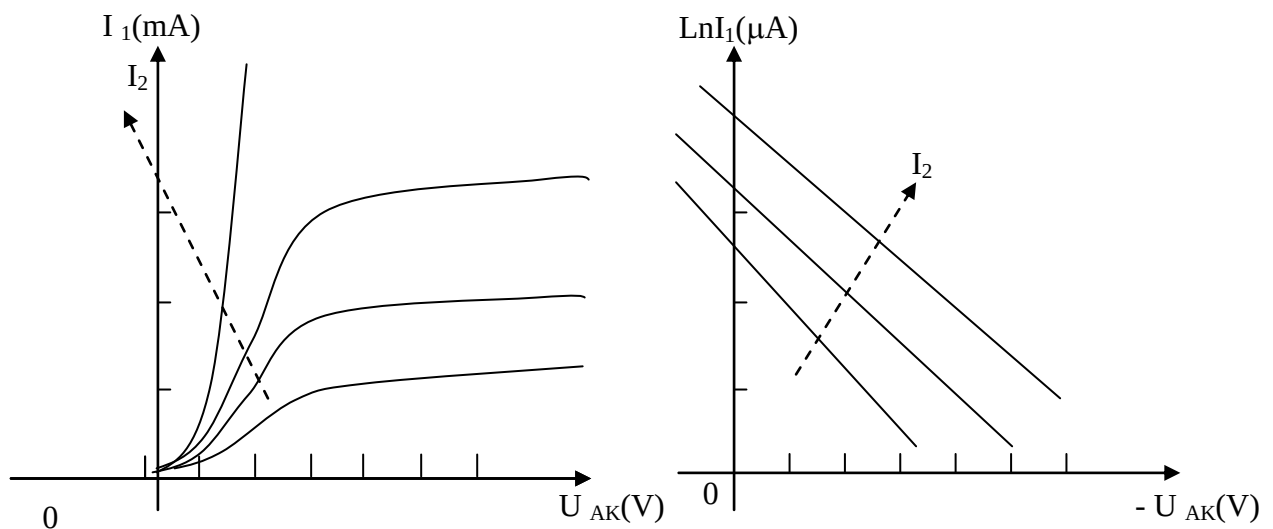
$$I_2 = \dots\dots$$

Bảng số liệu 3.13:

Lần đo	$U_{AK} (V)$	$I_1 (A)$

Lặp lại quá trình khảo sát nhánh phân cực thuận và nghịch điốt với các dòng I_2 khác nhau.

Dựng đồ thị I_1 theo U_{AK} ứng với các dòng I_2 khác nhau để thu được đặc trưng điốt. 2. Khi tiến hành thí nghiệm chính xác thì đường đặc trưng vôn-ampe có dạng:



Hình 3.26

- Đặc trưng $I(U)$ của điốt chân không có thể phân chia thành 3 vùng chính:

+ Vùng “dòng khởi điểm” : Dòng chạy qua điốt khi $U_{AK} < 0$ có dạng

$$I_1 = I_o \cdot e^{\left| \frac{eU_{AK}}{kT} \right|}$$

với: k là hằng số Boltzmann ; $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

T là nhiệt độ tuyệt đối của catốt.

Dòng điện trong vùng này là do ban đầu các electron nhiệt bật ra từ catốt có động năng ban đầu và đến được anốt.

+ Vùng “điện tích không gian”: Khi $U_{AK} > 0$, các electron nhiệt phát ra được gia tốc bằng điện trường gây bởi U_{AK} và chuyển động có hướng về phía anốt. Dòng điện trong điốt tăng dần theo điện áp U_{AK} dạng hàm mũ.

+ Vùng “bão hoà”: Khi U_{AK} tăng đến giá trị nhất định thì hầu như tất cả các electron nhiệt phát ra từ catốt đều đến được anốt, dòng điện chạy qua điốt lúc này bão hoà.

3. Nêu cách thu thập và xử lý số liệu để xác định nhiệt độ của catốt:

Xét với một giá trị dòng nuôi I_2 xác định, lúc này catốt có nhiệt độ T .

Để xác định nhiệt độ của catốt, ta căn cứ vào đặc trưng $I_1(U_{AK})$ ứng với vùng khởi điểm khi phân cực ngược .

$$\text{Ta có: } I_1 = I_o \cdot e^{\left| \frac{eU_{AK}}{kT} \right|} \Rightarrow \ln I_1 = \ln I_o - \left| \frac{e}{kT} \right| \cdot U_{AK}$$

Dựa vào độ nghiêng đường đồ thị $I_1(U_{AK})$ ta xác định được giá trị nhiệt độ T .

Thu thập số liệu:

- Tiến hành đo đặc trưng điốt vùng phân cực ngược (vùng khởi điểm).

Ghi lại giá trị vào bảng số liệu 3.14

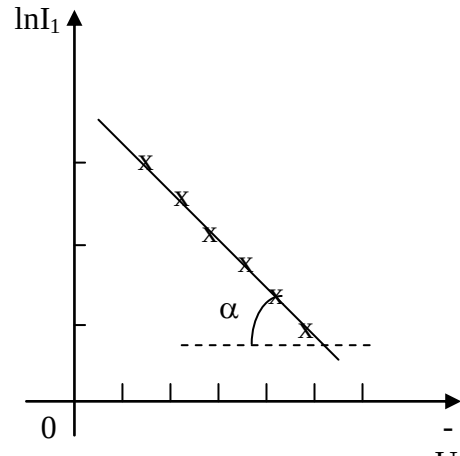
$$I_2 = \dots\dots\dots$$

Bảng số liệu 3.14:

Lần đo	U _{AK}	I ₁	Ln I ₁

- Dựng đồ thị $\ln(I_1)$ theo U_{AK} (Hình 3.27):
Dựa vào độ nghiêng đường đồ thị $I_1(U_{AK})$ ta xác định được giá trị nhiệt độ T

$$\tan \alpha = \frac{e}{kT} \rightarrow T = \frac{e}{k \tan \alpha}.$$



Hình 3.27

Bài 13: Xác định đặc trưng của linh kiện quang trở

1. Cơ sở lý thuyết:

Hệ thí nghiệm sử dụng hiện tượng bức xạ nhiệt cân bằng. Nhiệt độ sợi dây tóc bóng đèn ổn định ở giá trị khi năng lượng hấp thụ cân bằng với năng lượng bức xạ dạng sóng điện từ.

Để xác định được hệ số γ chúng ta cần xây dựng được đường thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc điện trở quang trở theo năng thông Φ .

Năng thông Φ mà quang trở nhận được sẽ tỉ lệ thuận với năng suất phát xạ toàn phần $\mathcal{R}(T)$ của dây tóc bóng đèn, tức phụ thuộc vào nhiệt độ T của dây tóc vônfram.

Bằng việc xác định điện trở của đèn ta sẽ xác định được nhiệt độ dây tóc vônfram.

Như vậy ta đã xây dựng được mối quan hệ giữa điện trở của đèn và điện trở quang trở trong đó có chứa hệ số γ cần xác định.

Dây tóc bóng đèn khi có dòng điện chạy qua sẽ thay đổi nhiệt độ và điện trở dây tóc thay đổi theo nhiệt độ theo hàm số:

$$R_t = R_0(1 + \alpha.t + \beta.t^2)$$

với R_t và R_0 là điện trở dây tóc đèn ở t ($^{\circ}\text{C}$) và 0 ($^{\circ}\text{C}$). α , β là các hệ số nhiệt điện trở của dây tóc vônfram: $\alpha=4,82.10^{-3} \text{ K}^{-1}$; $\beta=6,76.10^{-7} \text{ K}^{-2}$.

Điện trở R_o của dây tóc ở 0°C xác định bằng cách đo điện trở R_p của dây tóc ở nhiệt độ phòng tp đã biết trước nhờ nhiệt kế.

$$R_o = \frac{R_p}{(1 + \alpha t_p + \beta t_p^2)}$$

Điện trở R_t đo được bằng phương pháp vôn-ampe: $R_t = \frac{U}{I}$

Từ đó suy ra nhiệt độ tuyệt đối của dây tóc bóng đèn:

$$T = 273 + \frac{1}{2\beta} \left[\sqrt{\alpha^2 + 4\beta \left(\frac{R_t}{R_o} - 1 \right)} - \alpha \right]$$

Quang trở là linh kiện có điện trở thay đổi theo năng thông bức xạ gửi tới có dạng $R = A\Phi^{-\gamma}$ với A, γ là các hằng số phụ thuộc vào bản chất vật liệu, kích thước và hình dạng quang trở.

Năng suất phát xạ toàn phần $\mathfrak{R}(T)$ tuân theo định luật Stephan-Boltzman:

$$\mathfrak{R}(T) = a\sigma.T^4 \text{ với } a \text{ là hệ số } (a \leq 1)$$

Năng thông $\Phi \sim \mathfrak{R}(T)$ hay $\Phi = B.\mathfrak{R}(T)$ với B là hằng số phụ thuộc vị trí đặt quang trở so với nguồn phát bức xạ.

Khi đó ta có

$$R = A\Phi^{-\gamma} = A.(B\sigma T^4)^{-\gamma} = A.(B\sigma)^{-\gamma}.T^{-4\gamma}$$

$$\ln R = \ln \left(A.(B\sigma)^{-\gamma} \right) - 4\gamma \ln T$$

Từ đồ thị $\ln R$ theo $\ln T$ ta xác định được hệ số γ

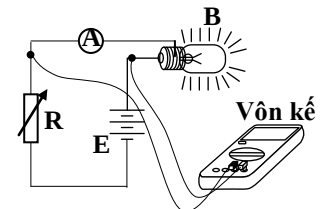
* Do độ rọi tỉ lệ với năng thông gửi tới nên có thể sử dụng quang trở đo độ rọi ánh sáng.

2. Các bước tiến hành thí nghiệm:

- Đo điện trở dây tóc bóng đèn ở nhiệt độ phòng:
- + Hai đầu vôn kế mắc vào hai đầu đui đèn để xác định được chính xác hiệu điện thế rơi trên dây tóc.
- + Ampe kế để thang đo nhỏ.
- + Sử dụng biến trở để chỉnh dòng qua đèn rất nhỏ để không làm thay đổi nhiệt độ sợi dây tóc, ghi lại giá trị dòng và điện thế trên vôn kế.
- + Lập bảng số liệu 3.15 và tính giá trị điện trở $R = U/I$:

Bảng số liệu 3.15:

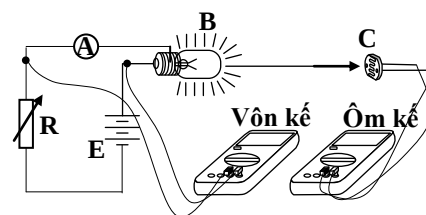
Dòng điện I				
Hiệu điện thế U				



Hình 3.28

Điện trở R				
------------	-------	-------	-------	-------

+ Dựng đồ thị R_p theo I , ngoại suy xác định được giá trị điện trở R_p ứng với dòng $I = 0$, đó chính là điện trở dây tóc ở nhiệt độ phòng. (Có thể dùng ôm kế đo trực tiếp điện trở sợi dây bóng đèn nhưng sẽ kém chính xác hơn).



Hình 3.29

- Từ giá trị R_p ta tính được R_0 .
- Mắc mạch đo như hình 3.29.
- Thay đổi giá trị biến trở để chỉnh dòng chạy qua bóng đèn với các giá trị xác định. Đọc giá trị trên ôm kế ổn định, đọc bộ các giá trị của vôn kế và ôm kế ứng với giá trị khác nhau của ampe kế.

Bảng số liệu 3.16:

Lần đo	U	I	$R_t = U/I$	T	R	$\ln R$	$\ln T$
1							

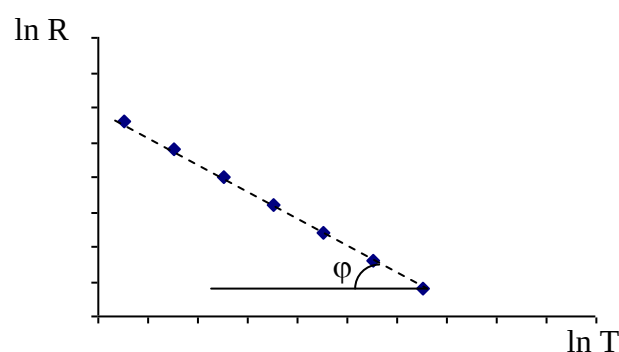
- Dựng đồ thị $\ln R$ theo $\ln T$ (Hình 3.30) và tìm góc φ .

Mặt khác ta có $\tan \varphi = 4\gamma \Rightarrow \gamma = \frac{\tan \varphi}{4}$

3. Các lưu ý khi tiến hành thí nghiệm. Các sai số mắc phải:

Lưu ý:

- Cần tiến hành thí nghiệm trong phòng tối hoặc có biện pháp che chắn ánh sáng bên ngoài để tránh nhiễu tín hiệu ngoài đến quang trở.



Hình 3.30

- Vôn kế phải đo ngay tại hai đầu đuôi đèn để xác định điện trở dây đốt chuẩn xác
- Cần xác định điện trở đèn ở nhiệt độ phòng thông qua việc đo U , I rồi ngoại suy. Nếu dùng ôm kế đo trực tiếp dẫn đến sai số do dòng điện cấp bởi thiết bị đo có thể làm ảnh hưởng nhiệt độ sợi tóc.

Sai số mắc phải:

- Sai số do nhiệt kế đo nhiệt độ phòng.

- Sai số của các dụng cụ.
- Sai số xác định các giá trị trên đồ thị....

3. ĐỀ THI IPHO NĂM 2011- HỌC SINH THAM KHẢO

ĐỀ BÀI

Hộp đen điện học - Cảm biến đo độ dịch chuyển bằng phép đo điện dung

Đối với một tụ điện có điện dung C , thực hiện dao động hoàn toàn tự do với tần số dao động f , mối liên hệ giữa f và C như sau:

$$f = \frac{\alpha}{C + C_s}$$

Với α là hằng số và C_s là điện dung ký sinh của mạch điện. Tần số f có thể đo được bằng cách sử dụng máy đo tần số.

Hộp đen sử dụng trong thí nghiệm này là một tụ phẳng. Mỗi bản tụ bao gồm một số răng cưa nhỏ có dạng hình học giống nhau. Giá trị của C có thể thay đổi được bằng cách di chuyển vị trí tương đối giữa bản tụ trên và bản tụ dưới theo phương ngang. Giữa hai bản tụ có một lớp điện môi.

Dụng cụ thí nghiệm: một máy tạo dao động, một máy đo tần số của máy tạo dao động, một bộ tụ đã biết giá trị điện dung, một hộp đen và một quả pin.

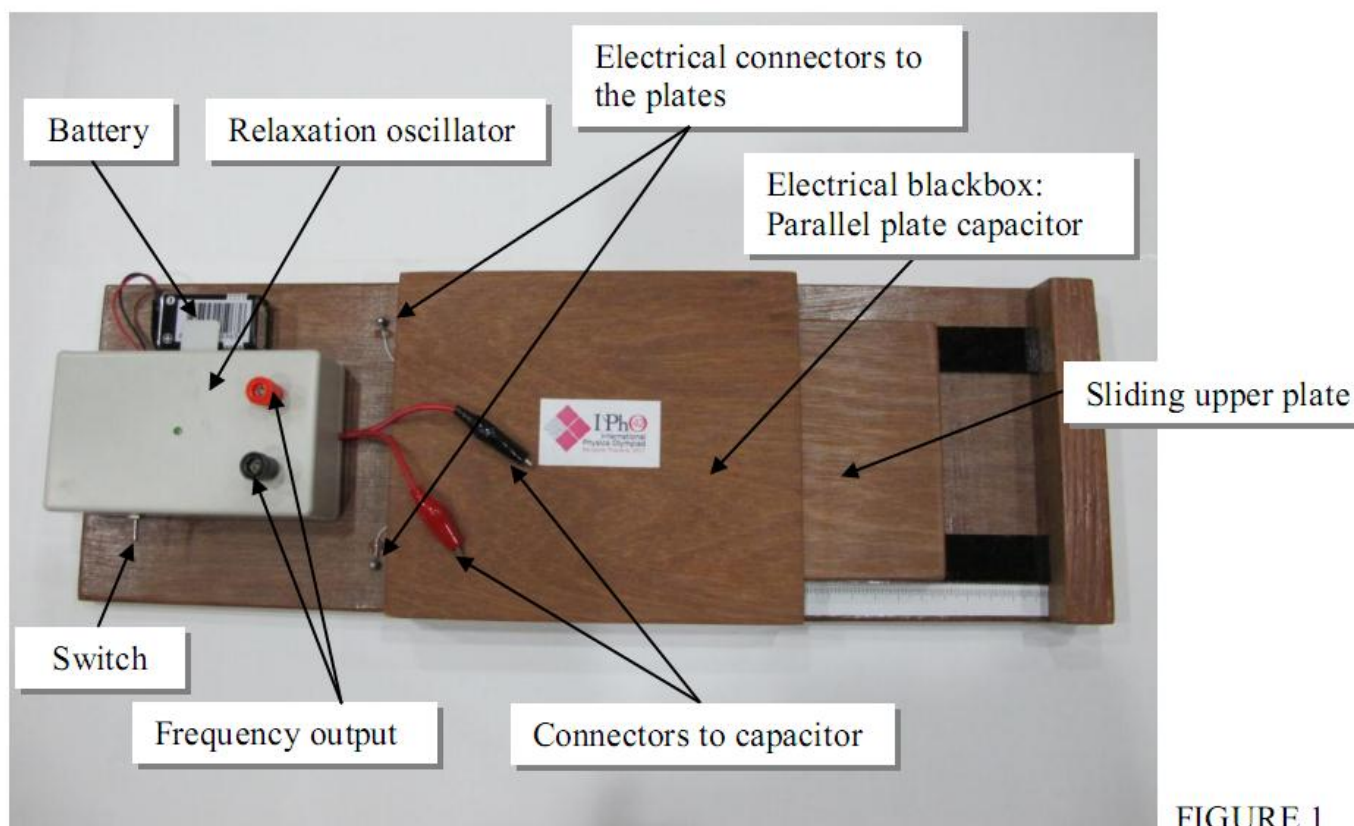


FIGURE 1

Hình 1: *Battery* (quả pin), *relaxation oscillator* (máy phát dao động), *switch* (công tắc), *frequency output* (tần số tín hiệu lấy ra), *connectors to capacitor* (đầu dây nối với tụ điện), *electrical connectors to the plates* (đầu dây nối với các bản

tụ), *electrical blackbox: parallel plate capacitor* (hộp đen: tụ phẳng), *sliding upper plate* (bản tụ phía trên, có thể di chuyển)

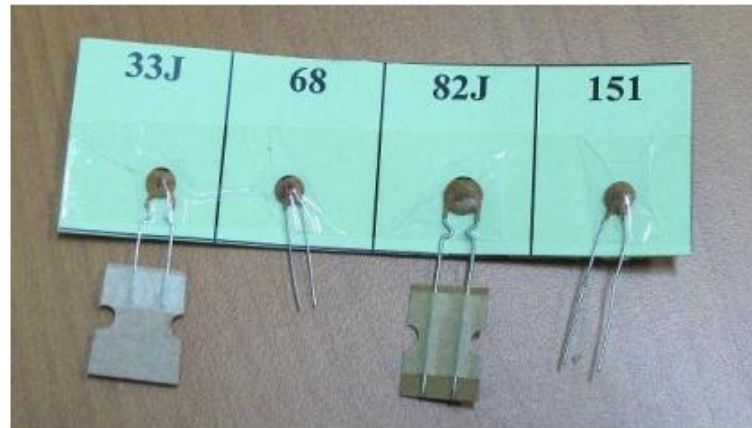


FIGURE 2 Capacitors

Hình 2: Các tụ điện



The position for frequency measurements

FIGURE 3 Digital multimeter for measuring frequency

Hình 3: Máy đo tần số

Bảng số liệu 1: Giá trị điện dung của các tụ

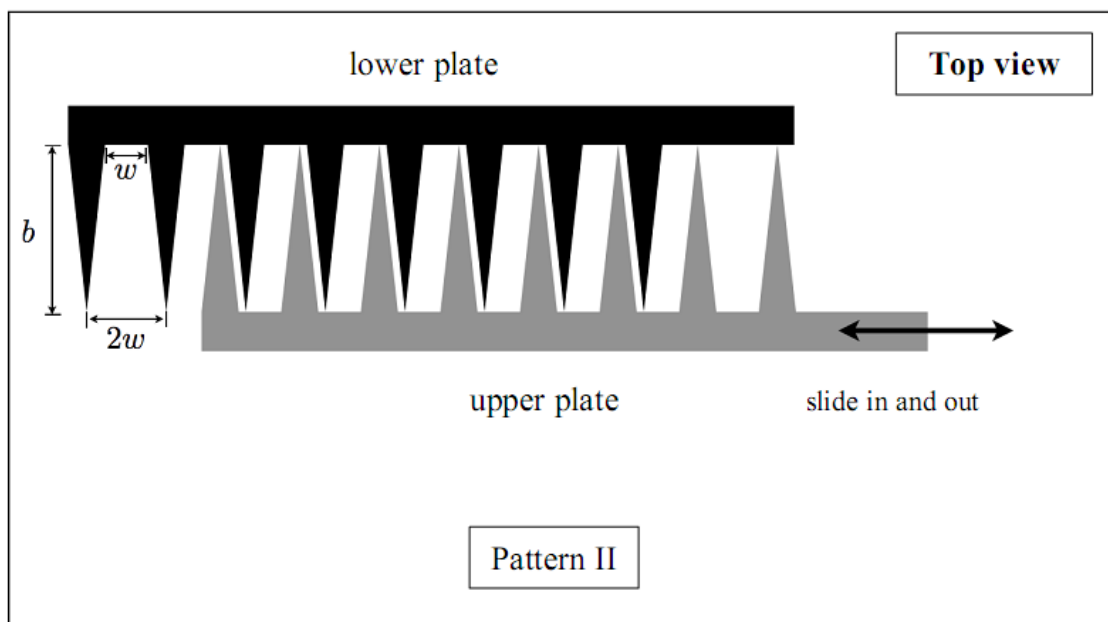
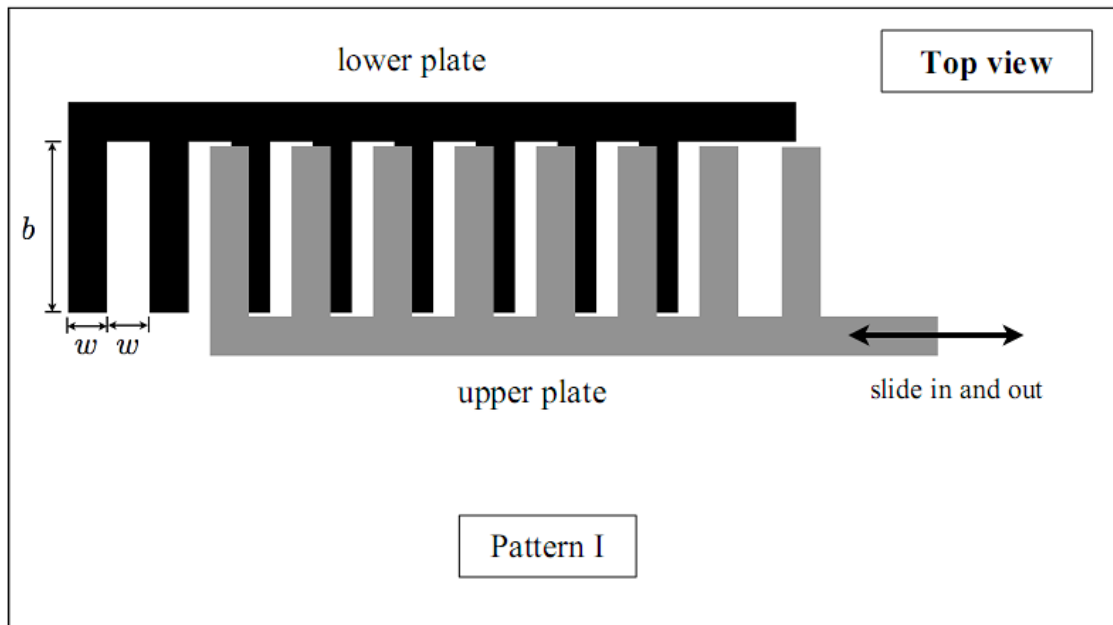
Ký hiệu của tụ	Giá trị điện dung (pF)
33J	34 ± 1
68	68 ± 1
82J	84 ± 1
151	150 ± 1

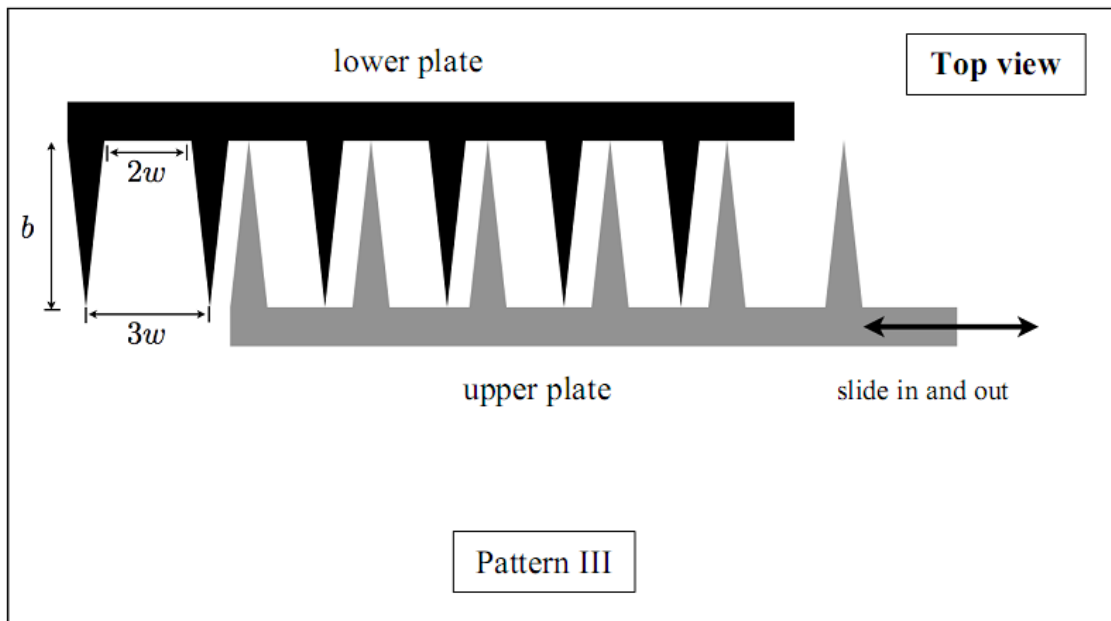
Phần 1: Hiệu chỉnh

Thực hiện phép đo f sử dụng các tụ điện đã biết điện dung. Vẽ dạng đồ thị để tìm các giá trị của α và C_s . Bỏ qua sai số của phép đo.

Phần 2: Xác định dạng hình học của các bản tụ

Cho biết các bản tụ có thể có một trong ba dạng hình học như trong Pattern I, Pattern II và Pattern III dưới đây:





Đối với mỗi trường hợp, vẽ dạng đồ thị của C theo vị trí của bản tụ trên, được xác định trên trục x . Sau đó, thực hiện phép đo f theo vị trí của bản tụ trên. Vẽ đồ thị thực nghiệm và từ các dạng đồ thị ở trên, suy ra dạng hình học của các bản tụ và các khoảng cách (các giá trị của b và w). Khoảng cách d giữa bản tụ trên và bản tụ dưới là $0,20 \text{ mm}$. Lớp điện môi giữa các bản tụ có hằng số điện môi $K = 1,5$. Hằng số điện $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$. Bỏ qua sai số của phép đo.

Phần 3: Khi vị trí tương đối giữa hai bản tụ song song có sự thay đổi, sự thay đổi điện dung của tụ phụ thuộc dạng hình học. Sự thay đổi này được sử dụng để cài đặt cho thước cặp kỹ thuật số để đo độ dài. Nếu tụ phẳng trong thí nghiệm này được sử dụng như một thước cặp kỹ thuật số, ước tính từ dữ liệu thực nghiệm của phần 2 để xác định: khoảng cách nhỏ nhất để có thể thực hiện được phép đo với tần số có giá trị $f = 5\text{kHz}$. Bỏ qua sai số tương ứng của phép đo.

HƯỚNG DẪN THÍ NGHIỆM – KẾT QUẢ ĐO

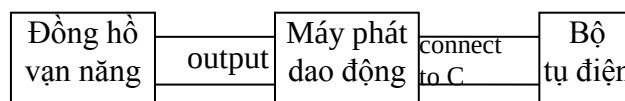
Phần 1: Tìm các giá trị hiệu chỉnh

Từ mối liên hệ giữa f và C ta có:

$$f = \frac{\alpha}{C + C_s} \Leftrightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{\alpha} \cdot C + \frac{C_s}{\alpha}$$

Từ đó, theo lý thuyết, đồ thị của $1/f$ trên trục Oy theo C trên trục Ox có dạng đường thẳng, với độ dốc là $1/\alpha$ và giao điểm với trục Oy là C_s/α .

Sơ đồ thí nghiệm:

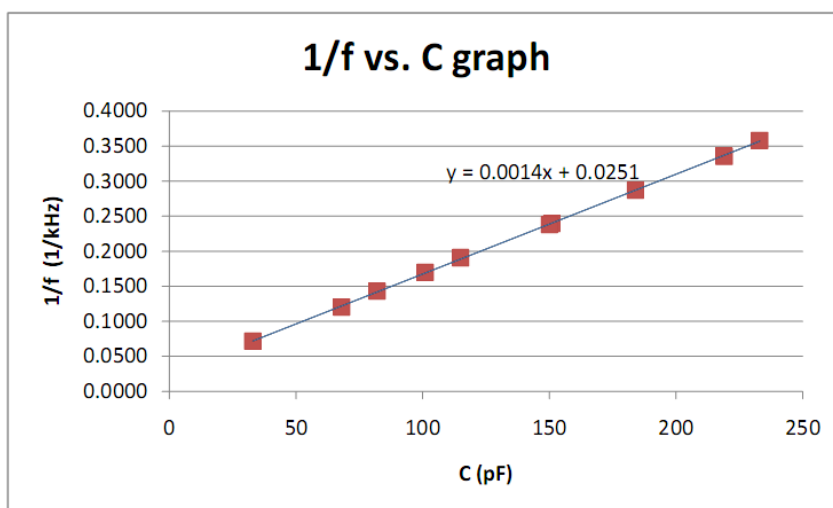


Bộ tụ điện có thể là: các tụ đã biết giá trị điện dung, ghép các tụ này hoặc hộp đen: tụ phẳng

Trong phần này: Bộ tụ điện là từng tụ đã biết giá trị hoặc hai tụ ghép song song.

Bảng số liệu dưới cho biết: giá trị của C (trục Ox), f và 1/f (trục Oy)

C (pF)	f (kHz)	1/f (ms)
33	13.94	0.0717
68	8.30	0.1205
82	6.99	0.1431
151	4.17	0.2398
233	2.79	0.3584
219	2.98	0.3356
184	3.48	0.2874
150	4.20	0.2381
115	5.24	0.1908
101	5.89	0.1698



Từ đồ thị này:

+ Độ dốc: $a = 1/\alpha = 0,0014 \text{ s/nF}$

+ Giao điểm của đồ thị với trục Oy: $b = C_s/\alpha = 0,0251 \text{ ms}$.

Do đó:

$$\alpha = \frac{1}{a} = \frac{1}{0,0014 \text{ s / nF}} = 714 \text{ nF / s}$$

$$C_s = \frac{b}{a} = \frac{0,0251 \text{ ms}}{0,0014 \text{ s / nF}} = 17,9 \text{ pF}$$

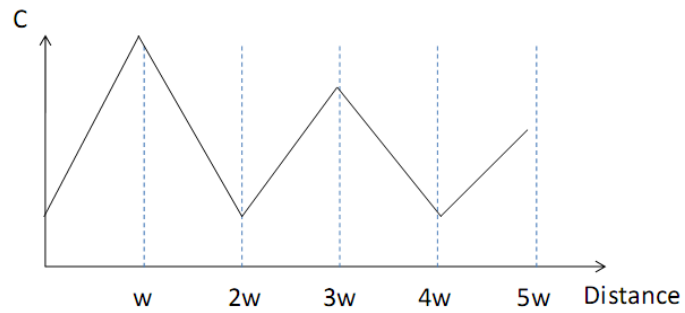
Phần 2: Xác định dạng hình học của các bản tụ

Nêu các nhận xét:

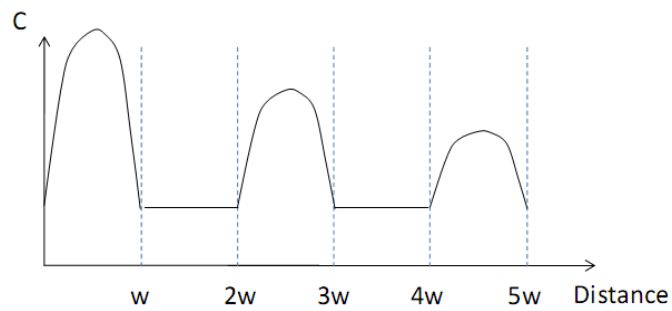
- + Hộp đen được coi là bộ gồm các tụ điện giống nhau, ghép như thế nào?
- + Khi di chuyển 1 bản tụ, số lượng tụ điện thay đổi như thế nào?
- + Khi di chuyển 1 bản tụ, giá trị điện dung của 1 tụ thay đổi như thế nào?

Từ các nhận xét trên, ta có đồ thị điện dung thay đổi theo vị trí:

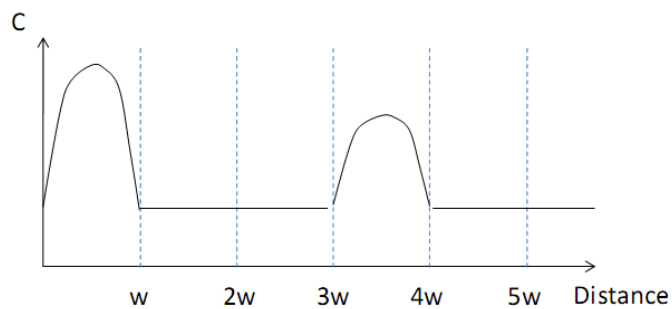
PATTERN I: The expected graph of C versus the position



PATTERN II: The expected graph of C versus the position



PATTERN III: The expected graph of C versus the position

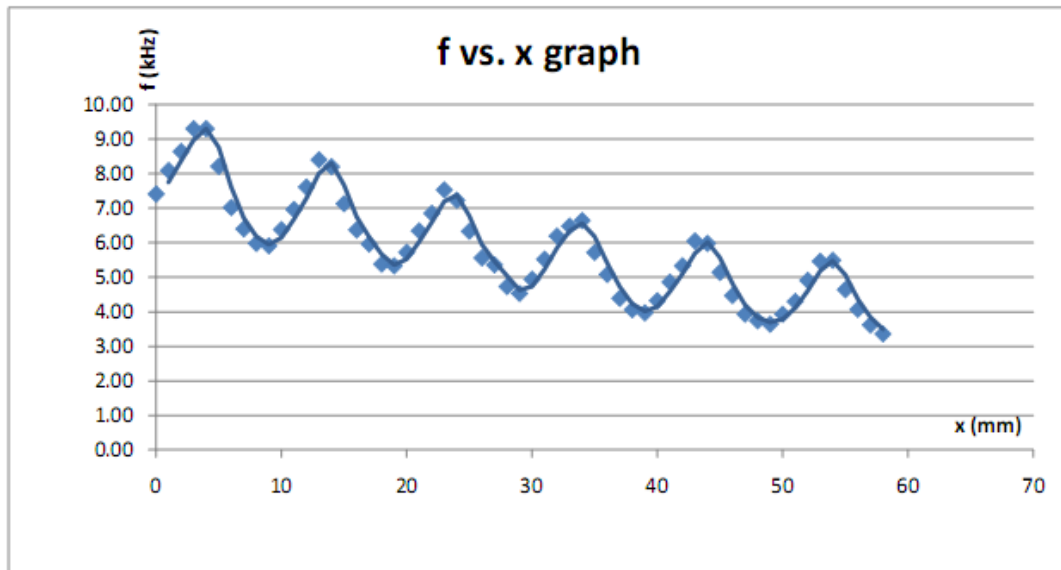


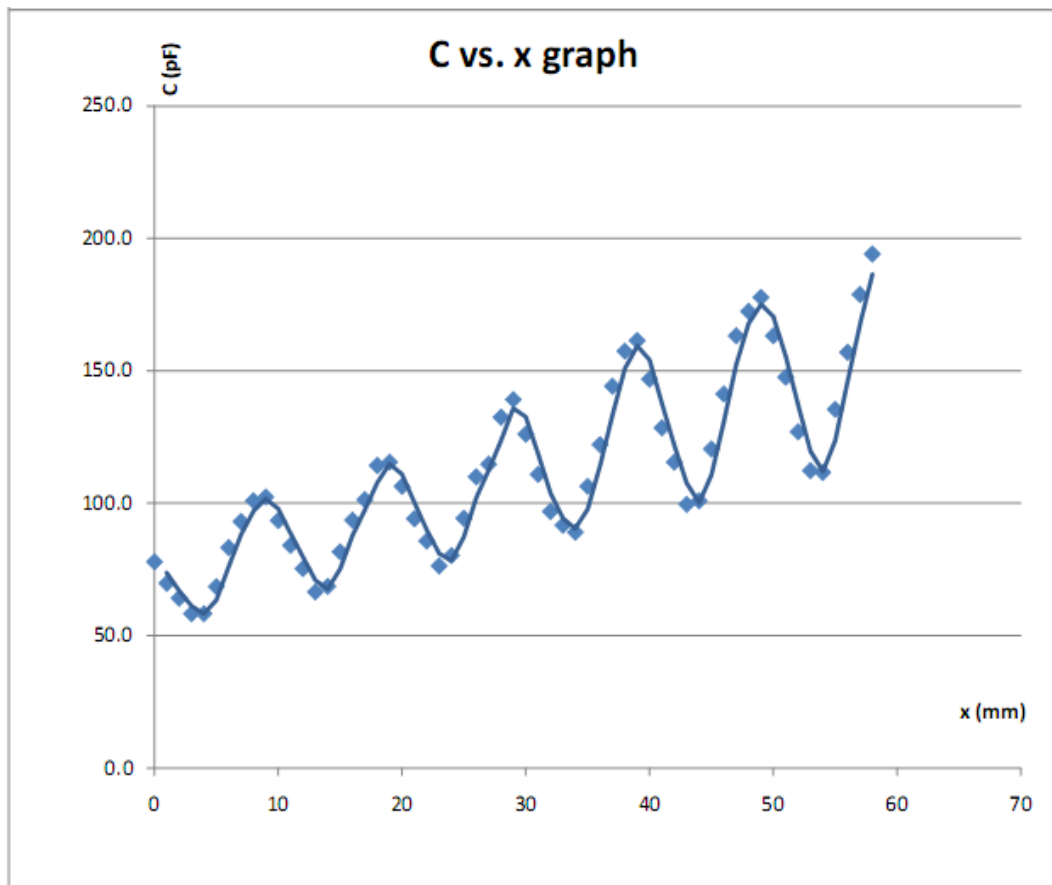
Mắc sơ đồ thí nghiệm, với bộ tụ điện bây giờ là hộp đen cần xác định. Di chuyển từ từ bản tụ trên từng 1mm và đo giá trị của tần số f và C theo x .

Bảng số liệu giá trị của C và f theo x :

x (mm)	f (kHz)	C (pF)	x (mm)	f (kHz)	C (pF)
0	7.41	77.9	30	4.94	126.1
1	8.09	69.8	31	5.52	110.9
2	8.64	64.2	32	6.19	96.9
3	9.30	58.3	33	6.48	91.7
4	9.30	58.3	34	6.64	89.1
5	8.21	68.5	35	5.72	106.4
6	7.02	83.3	36	5.08	122.1
7	6.40	93.1	37	4.39	144.2
8	5.98	100.9	38	4.06	157.4
9	5.91	102.4	39	3.97	161.4
10	6.38	93.5	40	4.32	146.8
11	6.96	84.1	41	4.86	128.5
12	7.61	75.4	42	5.33	115.5
13	8.40	66.5	43	6.05	99.6
14	8.20	68.6	44	5.98	100.9
15	7.13	81.7	45	5.14	120.5
16	6.37	93.6	46	4.47	141.3
17	5.96	101.3	47	3.93	163.3
18	5.38	114.3	48	3.74	172.5
19	5.33	115.5	49	3.64	177.7
20	5.72	106.4	50	3.93	163.3
21	6.34	94.2	51	4.30	147.6
22	6.85	85.8	52	4.91	127.0
23	7.53	76.4	53	5.46	112.3
24	7.23	80.3	54	5.49	111.6
25	6.33	94.3	55	4.64	135.4
26	5.56	110.0	56	4.07	157.0
27	5.36	114.8	57	3.62	178.8
28	4.73	132.5	58	3.36	194.1
29	4.53	139.2			

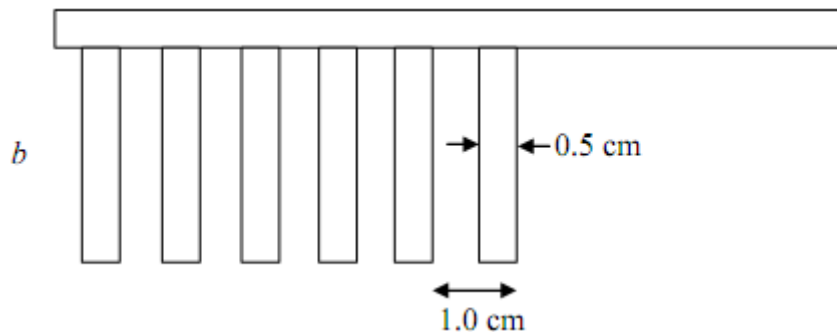
Đồ thị tần số f và điện dung C theo khoảng dịch chuyển x :





Từ chu kỳ của đồ thị, ta có: chu kỳ = 1,0cm.

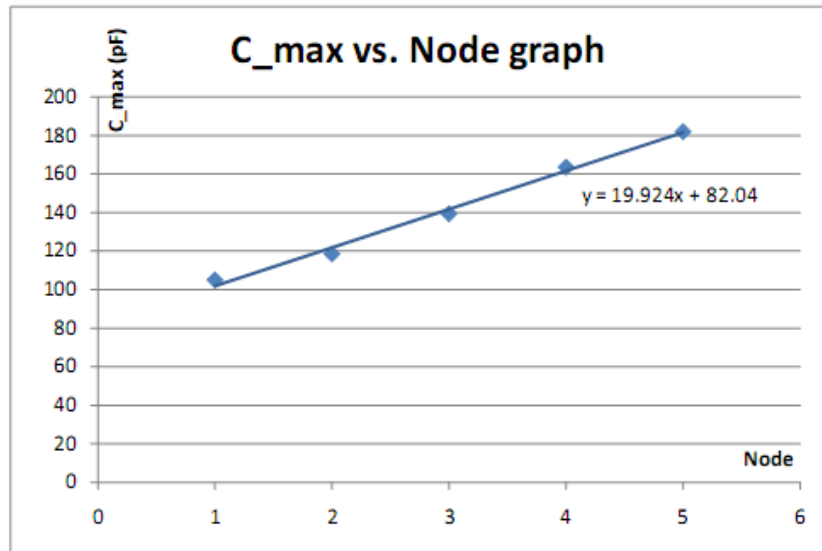
Các bản tụ có thể có cấu trúc:



Để xác định chiều dài b của mỗi thanh răng cưa, ta cần xác định giá trị của mỗi tụ riêng rẽ. Chú ý: mỗi lần $C_{\max}$ tương ứng với bản tụ di chuyển đoạn 1,0cm, tức là số lượng tụ trong bộ giảm đi 1.

Bảng số liệu các đỉnh giá trị của C thu được từ đồ thị trên được thống kê trong bảng số liệu dưới. Đồ thị $C_{\max}$ theo các đỉnh giá trị

node	C_max
1	105.1
2	118.6
3	139.5
4	163.7
5	182.1



Đồ thị này có dạng tuyến tính với độ dốc của điện dung: $\Delta C = 19,9\text{pF}/\text{đỉnh}$.

Ta có khoảng cách giữa các bản tụ: $d = 0,20\text{mm}$, hằng số điện môi $K = 1,5$ nên: $\Delta C \approx \frac{K \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$ với $A = 0,5\text{cm} \times b$.

Do đó: $b = 60\text{mm}$.

Phần 3: Ứng dụng trong thước đo kỹ thuật số

Từ mối liên hệ giữa f và C là: $f = \frac{\alpha}{C + C_s}$, ta có:

$$\Delta f = \left| \frac{df}{dC} \right| \cdot \Delta C = \left| \frac{-\alpha}{(C + C_s)^2} \right| \cdot \Delta C = \frac{f^2}{\alpha} \cdot \Delta C$$

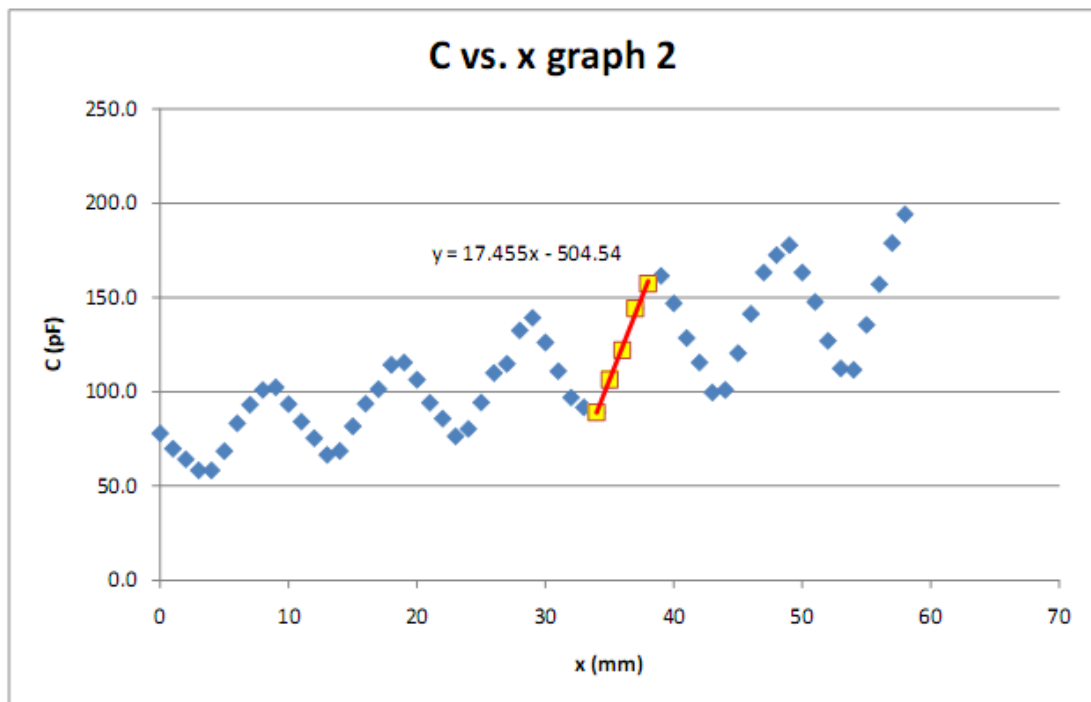
$$\Leftrightarrow \Delta C = \frac{\alpha}{f^2} \cdot \Delta f$$

Vì C phụ thuộc tuyến tính vào x : $C = mx + \beta \rightarrow \Delta C = m \cdot \Delta x$

$$\text{Do đó: } \Delta x = \frac{\alpha}{mf^2} \cdot \Delta f$$

Với Δf là độ biến thiên rất nhỏ của tần số f , có thể đo được bằng đồng hồ vạn năng, x_0 là khoảng dịch chuyển của bản tụ tại giá trị $f = 5\text{kHz}$, và m là độ dốc của đồ thị C theo x tại vị trí $x = x_0$.

Từ đồ thị f theo x , tại $f = 5\text{kHz}$, độ dốc của đồ thị $C(x)$ được xác định xung quanh khoảng này.



Từ đồ thị ta có: $m = 17,5\text{pF/mm}$.

Với $f = 5\text{kHz}$, $\alpha = 714\text{nF/s}$ và $\Delta f = 0,01\text{kHz}$, ta có:

$$\Delta x = \frac{714 \times 10^{-9}}{(1,75 \times 10^{-8})(5 \times 10^3)^2} \times (0,01 \times 10^3) = 0,016\text{mm}$$

Chú ý: Ở đây dùng đồ thị $C(x)$ vì nó có dạng tuyến tính (trong khi đồ thị $f - x$ không có dạng tuyến tính).

Nhận xét: Sử dụng đồ thị $f(x)$ và dữ liệu trong bảng số liệu xung quanh điểm $f = 5\text{kHz}$, ta tìm được khi f thay đổi khoảng 1kHz ($\Delta f = 1\text{kHz}$), x thay đổi khoảng $1,5\text{mm}$ ($\Delta x = 1,5\text{mm}$). Do đó, khi máy đo có giá trị của f thay đổi $\Delta f = 0,01\text{kHz}$ (độ biến thiên rất nhỏ) thì khoảng di chuyển đo được $\Delta x \approx 0,015\text{mm}$.

PHẦN 4: KẾT LUẬN

1. Thực nghiệm sư phạm

- Mục đích thực nghiệm: Đánh giá tính khả thi của đề tài
- Đối tượng nghiên cứu: Học sinh các lớp chuyên lý 11, học sinh trong đội tuyển Quốc gia môn vật lý.

- Phương pháp: Đã tiến hành dạy kiến thức nền và kiến thức nâng cao phần các phương án thí nghiệm Điện – Từ cho học sinh lớp chuyên lý 11, ôn thi trại hè Hùng Vương, ôn thi đội cho tuyển chính thức học sinh giỏi Quốc gia môn vật lý.

- Kết quả: Các em đã nắm cách đo, tiến trình, vẽ biểu đồ, tính sai số..., tháo gỡ được những khó khăn và đã giải thành công câu phương án thí nghiệm thực hành trong kỳ thi học sinh giỏi Quốc gia môn vật lý năm 2014 - 2015

2. Kết luận

- Đánh giá tính khả thi của đề tài: Chuyên đề được trình bày trong 65 trang, gồm 3 phần:

+ Phần 1: *Một số phép đo các đại lượng điện – từ*, giới thiệu được các dụng cụ và các phép đo điện – từ cơ bản.

+ Phần 2: *Phương án thí nghiệm đo điện – từ*, với 11 ví dụ điển hình cho phương án thí nghiệm điện – từ dùng để đo giá trị các linh kiện điện, các hằng số điện từ và cả các phép đo cơ.

+Phần 3: *Các bài tập tham khảo*, giới thiệu được 14 bài tập Phương án thí nghiệm điện từ cùng đáp án.

+ *Bài thí nghiệm – Đề thi IPhO năm 2011*, giới thiệu đề thi, kết quả đo kèm theo hướng dẫn thực hành của một bài thí nghiệm phần điện trong Đề thi IPhO năm 2011 để học sinh tham khảo. Đã đáp ứng một phần trong việc dạy phương án thực hành tại các lớp chuyên lý và bồi dưỡng học sinh giỏi Quốc gia cho các em học sinh.

- Kết quả: Đây là một phần của chuyên đề phương án thực hành tôi đã xây dựng trong nhiều năm qua và đã tiến hành dạy cho các em học sinh, về cơ bản là các em đã đáp ứng được cấp độ của đề thi học sinh giỏi Quốc gia về phần phương án Điện – Từ.

Tôi hi vọng đề tài sáng kiến kinh nghiệm này sẽ đóng góp một phần nhỏ bé trong công tác giảng dạy tại trường chuyên và ôn thi học sinh giỏi Quốc gia.

D.Đề xuất, kiến nghị: Không

E. Danh sách đồng tác giả : Không

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thế Khôi. *Sách giáo khoa Vật lý 11 nâng cao*. Nhà xuất bản giáo dục, 2007.
2. Nguyễn Duy Thắng. *Thực hành vật lý đại cương*. Nhà xuất bản giáo dục, 2002.
3. Vũ Thanh Khiết. *Tuyển tập đề thi Olympic vật lý các nước*. Nhà xuất bản giáo dục, 2004.
4. Vũ Thanh Khiết. *Các đề thi học sinh giỏi vật lý năm 2001 - 2005*. Nhà xuất bản giáo dục, 2008.
5. Vũ Thanh Khiết. *Các đề thi học sinh giỏi vật lý năm 2001 - 2010*. Nhà xuất bản giáo dục, 2011.
6. Dương Trọng Bái. *Bài thi vật lý quốc tế - Tập một*. Nhà xuất bản giáo dục, 2001.
7. Dương Trọng Bái. *Bài thi vật lý quốc tế - Tập hai*. Nhà xuất bản giáo dục, 2000.
8. *Sưu tầm bài giảng bồi dưỡng đội tuyển của các giáo sư tại các trường chuyên*.
9. Bộ chuyên đề bồi dưỡng học sinh giỏi trung học học phổ thông 9 quyển. Nhà xuất bản, 2009